

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Marinič, M. 2012. Analiza vplivnih parametrov oblikovanja 0-energijske hiše. Diplomski nalogi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Krainer, A., somentor Košir, M.): 52 str.

University  
of Ljubljana

Faculty of  
*Civil and Geodetic  
Engineering*



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Marinič, M. 2012. Analiza vplivnih parametrov oblikovanja 0-energijske hiše. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Krainer, A., co-supervisor Košir, M.): 52 pp.

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si

**VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJ  
GRADBENIŠTVA  
KONSTRUKCIJSKA SMER**

Kandidat:

**MIHA MARINIČ**

**ANALIZA VPLIVNIH PARAMETROV OBLIKOVANJA  
0-ENERGIJSKE HIŠE**

Diplomska naloga št.: 476/KS

**ANALYSIS OF INFLUENTIAL PARAMETERS  
FORMING 0-ENERGY BUILDING**

Graduation thesis No.: 476/KS

**Mentor:**

prof. dr. Aleš Krainer

**Predsednik komisije:**

doc. dr. Tomo Cerovšek

**Somentor:**

doc. dr. Mitja Košir

**Član komisije:**

prof. dr. Janez Žmavc

Ljubljana, 20. 12. 2012

## **STRAN ZA POPRAVKE**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

**IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani Miha Marinič izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Analiza vplivnih parametrov oblikovanja 0-energijske hiše«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Kanal, 8.12.2012

Miha Marinič

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK:** 697:699.8(043.2)  
**Avtor:** Miha Marinič  
**Mentor:** prof. dr. Aleš Krainer  
**Somentor:** doc. dr. Mitja Košir  
**Naslov:** Analiza vplivnih parametrov oblikovanja 0-energijske hiše  
**Tip dokumenta:** Dipl. nal. – VSŠ  
**Obseg in oprema:** 52 str., 22 pregl., 6 sl., 9 graf.  
**Ključne besede:** Direktiva 2010/31/EU, skoraj nič-energijska hiša, učinkovita raba energije v stavbah, obnovljivi viri energije.

### **Izvleček:**

Eden izmed ciljev energetske politike je potreba po zmanjševanju rabe energije in izpustov toplogrednih plinov ter prehod na rabo energije iz obnovljivih virov energije. Diplomaska naloga obravnava direktivo 2010/31/EU o energetske učinkovitosti stavb in njen glavni cilj skoraj nič-energijska stavba. Glavni del naloge predstavlja pregled obnovljivih virov energije in analiza izboljšanja energetske učinkovitosti specifične stavbe. Predstavil sem obnovljive vire energije, njihovo možnost uporabe, njihovo rabo v Sloveniji ter prednosti in pomanjkljivosti. Glavni problem za njihovo izkoriščanje še vedno predstavljajo visoki stroški investicije. Pri izboljšanju energetske učinkovitosti stavbe sem najprej izračunal porabo energije obstoječega stanja. Analiza obstoječega stanja je pokazala, da je poraba energije za ogrevanje previsoka, zato sem v nadaljevanju predstavil in izračunal možne ukrepe za izboljšanje energetske učinkovitosti. Ugotovil sem, da je glavni cilj direktive 2010/31/EU skoraj nič-energijska stavba dosegljiv s kombinacijo izboljšanja učinkovitosti stavb in generiranjem potrebne energije za delovanje stavbe iz obnovljivih virov. Največ pozornosti bo treba nameniti sanaciji stavbnega ovoja, saj bomo le tako zmanjšali tako specifične transmisijske toplotne izgube kot tudi potrebno energijo za ogrevanje. Te potrebe tako zmanjšamo do te mere, da potrebno energijo za zahteve skoraj nič-energijske stavbe pridobimo iz obnovljivih virov energije.

**BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

**UDC:** 697:699.8(043.2)  
**Author:** Miha Marinič  
**Supervisor:** prof. Aleš Krainer, Ph.D  
**Co-advisor:** asisst. Mitja Košir, Ph.D  
**Title:** Analysis of influential parameters forming 0-energy building  
**Document type:** Graduation Thesis – Higher professional studies  
**Notes:** 52 p., 22 tab., 6 fig., 9 graph.  
**Keywords:** Directive 2010/31/EU, nearly zero-energy building, efficient use of energy in buildings, energy from renewable sources.

**Abstract:**

One of the Energy Policy objectives is the need to reduce energy consumption and emissions of greenhouse gases and transition to the use of energy, deriving from renewable sources. This thesis deals with the analysis of the Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings, pursuing its main objective, the nearly zero-energy building. Main part of the thesis includes an overview of the renewable energy sources and the analysis on improvement of energy efficiency of a specific building. I presented the renewable sources of energy, their potential applicability, their use in Republic of Slovenia and their strengths and defects. The principal problem regarding their extraction still lies in the high investment costs. When dealing with improvement of building energy efficiency, I firstly calculated the use of energy regarding the present state. The analysis of the present state showed that the use of heating energy is too high, thus I below presented and calculated possible measures for improvement of energy efficiency. I came to the conclusion that the main objective of the Directive 2010/31/EU, the nearly zero-energy building, can be met by a combination of improvement of building efficiency and generating the energy that is needed for operation of a building from renewable sources. Most attention will have to be paid to the remediation of the building sleeve, because this is the only way to reduce such specific transmission losses as well as the needed heating energy. This consumptions are thus reduced to such extent that the energy, needed for the operation of a nearly zero-energy building, is obtained from the renewable sources.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Alešu Krainerju in somentorju doc. dr. Mitji Koširju za strokovne nasvete in pomoč pri pisanju diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi svoji družini za vso podporo in spodbudo.

**KAZALO VSEBINE**

<b>STRAN ZA POPRAVKE.....</b>	<b>I</b>
<b>IZJAVA O AVTORSTVU .....</b>	<b>II</b>
<b>BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....</b>	<b>III</b>
<b>BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT .....</b>	<b>IV</b>
<b>ZAHVALA .....</b>	<b>V</b>
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1 Namen diplomske naloge .....	1
1.2 Struktura diplomske naloge .....	1
<b>2 DIREKTIVA 2010/31/EU O ENERGETSKI UČINKOVITOSTI STAVB .....</b>	<b>3</b>
2.1 Splošno o Direktivi.....	3
2.2 Zahteve Direktive .....	3
2.3 Direktiva EPBD-recast v slovenski zakonodaji.....	5
2.3.1 Zakon o graditvi objektov, ki opredeljuje metodologijo računa in minimalne zahteve za novogradnje in večje prenove.....	5
2.3.2 Energetski zakon, ki predpisuje energetske izkaznice, študije izvedljivosti za alternativne energetske sisteme (AES) in redni pregled klimatizacijskih sistemov .....	6
2.3.3 Zakon o varstvu okolja, ki predpisuje redni pregled kotlov .....	6
<b>3 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE (OVE) .....</b>	<b>7</b>
3.1 Raba energije in obnovljivih virov energije (OVE) v Sloveniji .....	8
3.2 Geotermalna energija.....	10
3.2.1 Splošno .....	10
3.2.2 Uporaba .....	11
3.2.2.1 Geo sonda .....	11
3.2.2.2 Toplotna črpalka zemlja/voda .....	12
3.2.2.3 Toplotna črpalka voda/voda .....	13
3.2.2.4 Geotermalna elektrarna.....	13
3.2.3 Prednosti in pomanjkljivosti.....	14
3.3 Energija vetra.....	15
3.3.1 Splošno .....	15
3.3.2 Uporaba .....	15
3.3.3 Prednosti in pomanjkljivosti.....	16
3.4 Sončna energija .....	16



3.4.1 Splošno.....	16
3.4.2 Uporaba.....	16
3.4.2.1 Solarni sistemi za ogrevanje in osvetljevanje prostorov .....	17
3.4.2.2 Sončni kolektorji za pripravo tople vode in ogrevanje prostorov .....	17
3.4.2.3 Fotovoltaika.....	17
3.4.2.4 Termična solarna energija .....	18
3.4.3 Prednosti in pomanjkljivosti.....	19
3.5 Solarno hlajenje.....	19
3.5.1 Splošno.....	19
3.5.2 Uporaba.....	20
3.5.2.1 Odprti sistemi – sistemi z ohlajenim zrakom .....	20
3.5.2.2 Zaprti sistemi – sistemi z ohlajeno vodo.....	20
3.5.3 Prednosti in pomanjkljivosti.....	20
3.6 Biomasa.....	21
3.6.1 Splošno.....	21
3.6.2 Uporaba.....	21
3.6.2.1 Bioplin.....	21
3.6.2.2 Biodizel .....	22
3.6.2.3 Lesna biomasa.....	22
3.6.3 Prednosti in pomanjkljivosti.....	23
3.7 Soproizvodnja z biomaso .....	24
3.7.1 Splošno.....	24
3.7.2 Uporaba.....	24
3.7.3 Prednosti in pomanjkljivosti.....	25
3.8 Vodna energija .....	25
3.8.1 Splošno.....	25
3.8.2 Uporaba.....	26
3.8.3 Prednosti in pomanjkljivosti.....	26
3.9 Zaključek.....	27
<b>4 IZBOLJŠANJE UČINKOVITOSTI STAVB .....</b>	<b>28</b>
4.1 Uvod.....	28
4.2 Predstavitev uporabljenih programov .....	28
4.3 Vzorčni objekt.....	29
4.3.1 Predstavitev objekta .....	29
4.3.2 Seznam obstoječih konstrukcijskih sklopov.....	30
4.3.3 Vhodni podatki.....	32

4.3.4 Izračun .....	36
3.3.5 Rezultati.....	40
<b>5 ZAKLJUČEK .....</b>	<b>48</b>
<b>VIRI .....</b>	<b>50</b>

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Možnosti pretvorbe OVE za oskrbo skoraj nič-energijskih stavb z energijo za ogrevanje, hlajenje, pripravo tople vode in elektrike .....	8
Preglednica 2: Sestava zunanje stene .....	30
Preglednica 3: Sestava stropa nad neogrevano kletjo .....	30
Preglednica 4: Sestava tal na terenu .....	31
Preglednica 5: Sestava stropa proti neogrevanemu podstrešju.....	31
Preglednica 6: Sestava strešne konstrukcije.....	31
Preglednica 7: Sestava stene med bivalnim delom in stopniščem .....	31
Preglednica 8: Tehnični opis stavbe.....	32
Preglednica 9: Geometrijske karakteristike.....	32
Preglednica 10: Klimatski podatki .....	32
Preglednica 11: Podatki za ogrevano cono.....	35
Preglednica 12: Podatki za neogrevano klet.....	35
Preglednica 13: Podatki za stopnišče (neogrevana cona).....	36
Preglednica 14: Podatki za neogrevano podstrešje .....	36
Preglednica 15: Sestava zunanje stene .....	37
Preglednica 16: Sestava zunanje stene (varianta 1).....	38
Preglednica 17: Sestava zunanje stene (varianta 2).....	38
Preglednica 18: Sestava stropa nad neogrevano kletjo .....	38
Preglednica 19: Sestava stropa proti neogrevanemu podstrešju.....	39
Preglednica 20: Sestava stene med bivalnim delom in stopniščem .....	39
Preglednica 21: Prikaz rezultatov programa TOST, osnovno stanje in osnovni ukrepi.....	40
Preglednica 22: Prikaz rezultatov programa TOST, osnovno stanje in kombinacija osnovnih ukrepov .....	45

**KAZALO GRAFIKONOV**

Grafikon 1: Končna poraba energije, Slovenija, 2000 – 2010 (vir: Marinič, 2012).....	8
Grafikon 2: Končna poraba energije po sektorjih, Slovenija, 2010 (vir: Marinič, 2012).....	9
Grafikon 3: Gibanje deleža OVE v bruto rabi končne energije v obdobju med letoma 2000 in 2010 in cilj za leto 2020 (vir: Marinič, 2012).....	9
Grafikon 4: Raba OVE, Slovenija, 2010 (vir: Marinič, 2012) .....	10
Grafikon 5: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$ , osnovni ukrepi.....	41
Grafikon 6: Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe $H_T'$ , osnovni ukrepi.....	42
Grafikon 7: Letni izpusti $CO_2$ , osnovni ukrepi.....	43
Grafikon 8: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$ , kombinacija osnovnih ukrepov .....	46
Grafikon 9: Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe $H_T'$ , kombinacija osnovnih ukrepov .....	47

## KAZALO SLIK

Slika 1: Severna in južna fasada.....	29
Slika 2: Vzhodna in zahodna fasada .....	30
Slika 3: Razdelitev na cone: Tloris neogrevane kleti (levo) in tloris neogrevanega podstrešja (desno)	33
Slika 4: Razdelitev na cone: Tloris pritličja in tipičnega nadstropja.....	34
Slika 5: Razdelitev na cone: Vzdolžni prerez .....	34
Slika 6: Razdelitev na cone: Prečni prerez.....	35

»Ta stran je namenoma prazna«

## **1 UVOD**

Osnovo diplomske naloge predstavlja prenovljena direktiva 2010/31/EU o energetske učinkovitosti sprejeta v letu 2010 [1]. Direktiva je eden izmed ukrepov Evropske unije, da bi dosegli cilje podnebne energetske politike »20-20-20« do leta 2020. Stavbe predstavljajo v energetske bilanci velikega potrošnika energije, saj porabijo okoli 40 % končne energije v Evropski uniji in povzročijo 35 % emisij CO<sub>2</sub> v okolje [2]. Izboljšavo energetske učinkovitosti je možno doseči s spodbujanjem učinkovite rabe energije in povečanjem uporabe obnovljivih virov energije za delovanje stavbe. V Evropski uniji je večina stavbnega fonda že zgrajenega, starejše stavbe pa so zaradi uporabe neustreznih materialov velik potrošnik energije. Da bi izboljšali energetske učinkovitost stavb, je torej potrebno povečati obseg energetskih prenov obstoječih stavb tako, da bodo ustrezale današnjim zahtevam, nove stavbe pa graditi kot skoraj nič-energijske. Z energetskimi prenovami bi zmanjšali porabo energije v stavbah, z uporabo obnovljivih virov energije pa bi zmanjšali vplive na okolje ter odvisnost od neobnovljivih virov energije.

### **1.1 Namen diplomske naloge**

V zadnjem času je veliko govora o podnebnih razmerah in s tem povezani energetske politiki. Zaloge fosilnih goriv (nafta, zemeljski plin, premog) se zmanjšujejo, njihovo pridobivanje pa je vse dražje in bolj tvegano. Energija tako postaja vse bolj dragocena dobrina. Zanimalo me je, kako bi bilo možno s posameznimi ukrepi izboljšati energetske učinkovitost stavb (tako obstoječih kot tudi novogradenj), ter s tem zagotoviti ali celo preseči trenutne zakonodajne zahteve. Za nove stavbe se mi zdi cilj skoraj nič-energijska stavba, ob ustreznih načrtovalskih ukrepih, uresničljiva. Naloga gradbene stroke bo spremljanje, in v skladu z novejšimi tehničnimi spoznanji v gradbeništvo, posodabljanje. Po pregledani zakonodaji s tega področja, sem se odločil za predstavitev direktive in obnovljivih virov energije. Na konkretnem primeru pa bom prikazal energetske prenovi večstanovanjske stavbe.

### **1.2 Struktura diplomske naloge**

V prvem delu diplomske naloge je obravnavana prenovljena direktiva o energetske učinkovitosti stavb (2010/31/EU) in z njo povezana slovenska zakonodaja. V drugem delu so predstavljeni obnovljivi viri energije, njihova uporaba v Sloveniji, različne možnosti uporabe ter prednosti in pomanjkljivosti. V tretjem delu sledi predstavitev vzorčnega primera energijske prenovi večstanovanjske stavbe.

Večstanovanjsko stavbo sem analiziral glede na trenutno stanje in glede na ukrepe, s katerimi bi pripomogli k izboljšanju učinkovite rabe energije.



## **2 DIREKTIVA 2010/31/EU O ENERGETSKI UČINKOVITOSTI STAVB**

### **2.1 Splošno o Direktivi**

Evropski parlament in svet Evropske unije sta leta 2010 sprejela direktivo 2010/31/EU o energetske učinkovitosti stavb (v nadaljevanju EPBD-recast). Države članice so morale direktivo prenesti v svoj pravni red najkasneje do 20. junija 2010. V njej so upoštevani cilji evropske podnebno-energetske politike (20-20-20 do leta 2020):

- 20 % zmanjšanje emisij ogljikovega dioksida (CO<sub>2</sub>),
- 20 % povečanje energetske učinkovitosti (URE) in
- 20 % deleža obnovljivih virov energije (OVE) v primarni energetske bilanci.

Namen direktive EPBD-recast je povečanje učinkov prvotne direktive 2002/91/ES [3] iz leta 2002. Direktivo je bilo potrebno prenoviti, ker države članice niso uspele prenesti sistema v svojo zakonodajo do postavljenega roka in ker se je pojavila vrsta različnih metod za določanje rabe energije, ki so podajale različne vrednosti.

### **2.2 Zahteve Direktive**

- Sprejetje metodologije za izračunavanje energetske učinkovitosti stavb

Države članice uporabljajo metodologijo za izračunavanje energetske učinkovitosti stavb v skladu s skupnim splošnim okvirjem. Energetska učinkovitost stavb se določi na podlagi izračunane ali dejansko porabljene letne energije in odraža energetske potrebe stavbe kot sistema za ogrevanje in hlajenje, da se vzdržuje predvidena temperatura stavbe in potreba po topli sanitarni vodi. Metodologija se sprejme na nacionalni ali regionalni ravni. Upoštevajo se evropski standardi, skladna pa mora biti z ustrezno zakonodajo Unije, vključno z Direktivo 2009/28/ES. [4]

- Določitev minimalnih zahtev glede energetske učinkovitosti

Članice morajo sprejeti potrebne ukrepe za doseganje stroškovno optimalne ravni z minimalnimi zahtevami. Pri določanju zahtev je potrebno razlikovati med novimi in obstoječimi stavbami ter različnimi kategorijami stavb, upoštevati pa je potrebno splošne notranje klimatske pogoje, lokalne pogoje, namembnost in starost stavb. Minimalne zahteve se pregleda v rednih časovnih presledkih (do pet let) in se jih, z namenom tehničnega napredka v gradbeništvu, po potrebi posodobi. Države članice lahko določijo tudi, da ne bodo uporabljale zahtev za izjeme, kot so uradno zaščitena stavba, stavbe za

obredne namene ali verske dejavnosti, začasne objekte s časom uporabe do dveh let, stanovanjske stavbe uporabljene do štiri mesece na leto in samostojne stavbe s tlorisno površino manjšo od 50 m<sup>2</sup>.

- Izračunavanje stroškovno optimalnih ravni minimalnih zahtev glede energetske učinkovitosti

Komisija z delegiranimi akti določi primerjalni metodološki okvir za izračunavanje stroškovno optimalnih ravni za minimalne zahteve glede energetske učinkovitosti stavb in njenih elementov.

Države članice z uporabo primerjalnega metodološkega okvirja izračunajo stroškovno optimalne ravni za minimalne zahteve, z upoštevanjem ustreznih parametrov (klimatske razmere, dostopnost energetske infrastrukture). Rezultate tega izračuna primerjajo z veljavnimi minimalnimi zahtevami. O vseh podatkih in uporabljenih predpostavkah za navedene izračune, kot tudi o rezultatih teh izračunov poročajo Komisiji. V primeru da rezultat primerjave pokaže, da so minimalne zahteve glede energetske učinkovitosti bistveno manj učinkovite od stroškovno optimalnih ravni za minimalne zahteve, poročilu priložijo načrt ukrepov, s katerimi naj bi do naslednjega pregleda znatno zmanjšali razliko.

- Zahteve za nove stavbe

Članice zagotovijo, da se pred začetkom gradnje nove stavbe preuči in upošteva tehnično, okoljsko in ekonomsko izvedljivost visoko učinkovitih alternativnih sistemov (npr. decentraliziran sistem oskrbe z energijo na podlagi energije iz obnovljivih virov, soproizvodnja, daljinsko ali skupinsko ogrevanje ali hlajenje, toplotne črpalke). Analiza alternativnih sistemov je dokumentirana in na voljo za preverjanje.

- Zahteve za obstoječe stavbe

Pri večji prenovi obstoječih stavb se sprejme ukrepe z namenom izpolnitve minimalnih zahtev glede izboljšanja energetske učinkovitosti, toda le, če je to tehnično, funkcionalno in ekonomsko izvedljivo. Potrebne ukrepe se sprejme tudi za nadgradnjo ali zamenjavo elementov stavb, ki so del ovojja stavbe. Spodbuja se k preučitvi in upoštevanju visoko učinkovitih alternativnih sistemov, če je to izvedljivo.

- Tehnični stavbni sistem

Z namenom čim boljše energetske izrabe se določijo zahteve za sisteme, pravilne namestitve, ustrezne velikosti, prilagoditve in nadzor tehničnih stavbnih sistemov. Spodbuja se uvajanje pametnih merilnih sistemov in namestitve aktivnih nadzornih sistemov.

- Skoraj nič-energijske stavbe

Prenovljena direktiva EPBD-recast uvaja termin skoraj nič-energijska stavba, to je stavba z zelo visoko učinkovitostjo. Takšnim stavbam bi za svoje delovanje (ogrevanje, hlajenje, priprava tople vode, prezračevanje in razsvetljava) morala zadostovati energija iz obnovljivih virov, vključno z energijo iz obnovljivih virov, proizvedeno na kraju samem ali v bližini. Obveznost držav članic je:

- da so do 31. decembra 2020 vse nove stavbe skoraj nič-energijske,
- da so po 31. decembru 2018 vse nove javne stavbe skoraj nič-energijske,
- izdelava nacionalnih načrtov za povečevanje števila skoraj nič-energijskih stavb
- sprejeti ukrepe za spodbudo preoblikovanja stavb, ki se obnavljajo, v skoraj nič-energijske,
- izdelava nacionalnih načrtov, ki vsebujejo podrobno obrazložitev prenosa skoraj nič-energijskih stavb v prakso, vmesne cilje za izboljšanje energetske učinkovitosti novih stavb do leta 2015 in ukrepe za spodbujanje skoraj nič-energijskih stavb,

- Energetske izkaznice

Energetska izkaznica vključuje energetske učinkovitost stavbe in referenčne vrednosti, kot so minimalne zahteve glede energetske učinkovitosti, da bi lastnikom ali najemnikom stavbe ali stavbnih enot omogočili primerjavo in oceno njene energetske učinkovitosti. Izkaznica lahko vsebuje dodatne informacije, kot so letna poraba energije za nestanovanjske stavbe ali odstotek energije iz obnovljivih virov v skupni porabi energije. Izkaznica vključuje priporočila za stroškovno optimalne ali stroškovno učinkovite izboljšave. Ocena stroškovne učinkovitosti temelji na standardnih pogojih, kot so ocena prihrankov energije, osnovne cene energije in predhodna ocena stroškov. Energetska izkaznica naj bi se izročila novemu najemniku ali kupcu ob prodaji ali oddaji stavbe ali stavbne enote. Energetska izkaznica je prikazana na vidnem mestu in dostopna javnosti.

- Zahteve za ogrevalne in klimatske sisteme

Države določijo potrebne ukrepe za uvedbo rednih pregledov dostopnih delov tako sistemov za ogrevanje stavb kot tudi klimatskih sistemov. Poročilo o pregledu z rezultati pregleda in priporočili za stroškovno učinkovito izboljšanje sistema se izda po vsakem pregledu. Pripravo energetskih izkaznic in preglede ogrevalnih in klimatskih sistemov na neodvisen način upravljajo usposobljeni in/ali pooblašteni strokovnjaki. Sprejeti so tudi ukrepi za informiranje lastnikov in najemnikov stavb o različnih metodah in praksah, ki povečujejo energetske učinkovitost.

## **2.3 Direktiva EPBD-recast v slovenski zakonodaji**

### **2.3.1 Zakon o graditvi objektov, ki opredeljuje metodologijo računa in minimalne zahteve za novogradnje in večje prenove**

- Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah PURES 2010 [5]

Pravilnik določa tehnične zahteve, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije v stavbah in na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja in njihove kombinacije, priprave tople

vode in razsvetljave. Vključuje tudi zahteve po zagotavljanju lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov v stavbi ter metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavbe.

- Tehnična smernica za graditev TSG-1-004: Učinkovita raba energije [6]

Smernica določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavb in določa gradbene ukrepe in rešitve, ki zagotavljajo izpolnjevanje zahtev iz Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010). Tehnična smernica na področju toplotne zaščite določa maksimalne dovoljene toplotne prehodnosti ( $U$  – faktorji) posameznih gradbenih elementov oziroma konstrukcijskih sklopov.

- Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb [7]

Pravilnik določa tehnične zahteve za prezračevanje in klimatizacijo stavb ter tehnične zahteve za mehanske prezračevalne sisteme, če se ti vgradijo v stavbo. Pravilnik obravnava notranje okolje v pogledu kakovosti zraka in toplotnega okolja z določanjem najnižje, še dopustne kakovosti tega dela notranjega okolja.

### **2.3.2 Energetski zakon, ki predpisuje energetske izkaznice, študije izvedljivosti za alternativne energetske sisteme (AES) in redni pregled klimatizacijskih sistemov**

- Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetske izkaznice stavb [8]

Pravilnik predpisuje podrobnejšo vsebino in obliko energetske izkaznice stavbe, metodologijo za izdajo energetske izkaznice ter vsebino podatkov, način vodenja registra energetske izkaznice in način prijave energetske izkaznice za vpis v register.

- Pravilnik o metodologiji izdelave in vsebini študije izvedljivosti alternativnih sistemov za oskrbo stavb z energijo [9]

Pravilnik določa, da mora študija izvedljivost vsebovati vse potrebne podatke in izračune, tako da je mogoče enostransko oceniti energetske, okoljske, finančne, tehnične, tehnološke in prostorske učinke ter primernost naložbe.

### **2.3.3 Zakon o varstvu okolja, ki predpisuje redni pregled kotlov**

Uredba o načinu in pogojih izvajanja državne gospodarske javne službe izvajanja meritev, pregledovanja in čiščenja kurilnih naprav, dimnih vodov in zračnikov zaradi varstva okolja in učinkovite rabe energije, varstva človekovega zdravja in varstva pred požarom [10].

### 3 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE (OVE)

Obnovljivi viri energije (v nadaljevanju OVE) so viri energije, ki se v naravi ohranjajo in v celoti ali pretežno obnavljajo. Med OVE spadajo energija vodotokov, vetra, biomase, geotermalna energija in neakumulirana sončna energija.

Izvor OVE:

- sončno sevanje, ki ga oddaja sonce in ga lahko spremenimo v elektriko ali toploto, v naravi pa posredno izkoriščamo sončno sevanje v obliki vetra, biobave, rečnih in morskih tokov ter skozi biološke procese fotosinteze, ki daje biomaso in njene stranske produkte;
- toplotni procesi v notranjosti zemlje, ki dajejo t.i. geotermalno energijo in so vir toplotne energije;
- energija planetov Sonca in Lune, ki skupaj s kinetično energijo Zemlje povzročajo periodično nastajanje plime in oseke.

Učinki izrabe OVE:

- zmanjševanje energetske uvozne odvisnosti,
- zmanjševanje emisij ogljikovega dioksida ( $\text{CO}_2$ ) in žveplovega dioksida ( $\text{SO}_2$ ),
- varčevanje s fosilnimi viri energije,
- zmanjševanje odpadkov,
- razvoj lokalnega in nacionalnega gospodarstva,
- lokalna razpoložljivost,
- nova delovna mesta,
- decentralizacija oskrbovalnih sistemov,
- večja zanesljivost oskrbe.

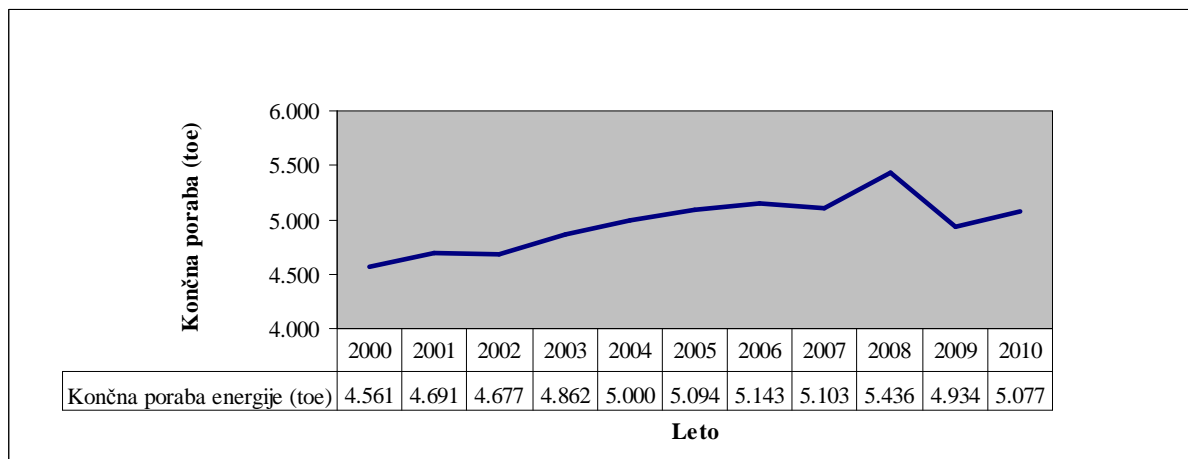
V preglednici 1 so prikazane možnosti pretvorbe OVE za oskrbo skoraj nič-energijskih stavb z energijo za ogrevanje, hlajenje, pripravo tople vode in elektrike.

Preglednica 1: Možnosti pretvorbe OVE za oskrbo skoraj nič-energijskih stavb z energijo za ogrevanje, hlajenje, pripravo tople vode in elektrike

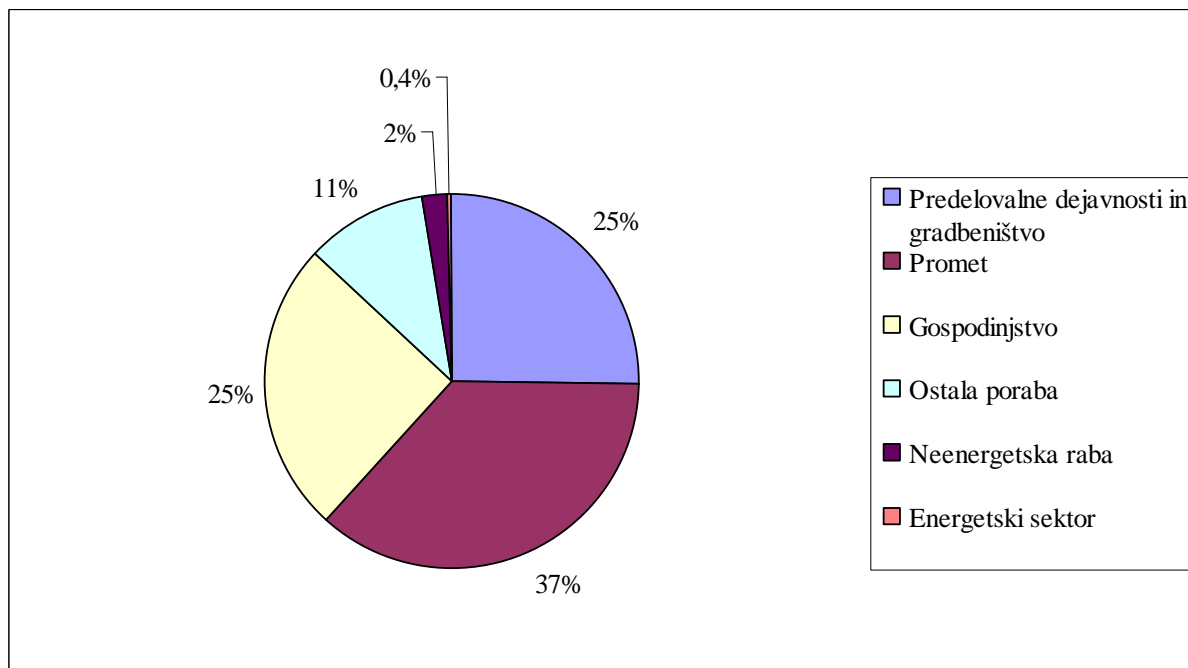
OVE	Ogrevanje	Hlajenje	Priprava tople vode	Ostalo
Geotermalna energija	Ogrevanje	Hlajenje	Priprava tople vode	
Vetrna energija				Elektrika
Sončna energija	Ogrevanje	Hlajenje	Priprava tople vode	Elektrika
Toplota okolja	Ogrevanje	Hlajenje	Priprava tople vode	
Biomasa	Ogrevanje	Hlajenje	Priprava tople vode	CHP/soproizvodnja
Vodna energija				Elektrika

### 3.1 Raba energije in obnovljivih virov energije (OVE) v Sloveniji

Končna poraba energije v letu 2010 je v Sloveniji znašala okoli 5 milijonov toe, kar pomeni, da se je glede na leto 2009 povečala za 3 odstotne točke in kar za okoli 11 % glede na leto 2000. Po rekordnem letu 2008, ko je končna poraba energije znašala 5436 toe, in padcu porabe v letu 2009 za 9 %, končna raba energije ponovno narašča (grafikon 1). Leta 2010 je bilo največ energije porabljen v prometu, skoraj 37 %, po okoli 25 % pa je bilo porabljenih v predelovalnih dejavnostih in gradbeništvu ter v gospodinjstvih. Ostali sektorji so porabili okoli 13 % energije (grafikon 2) [11].

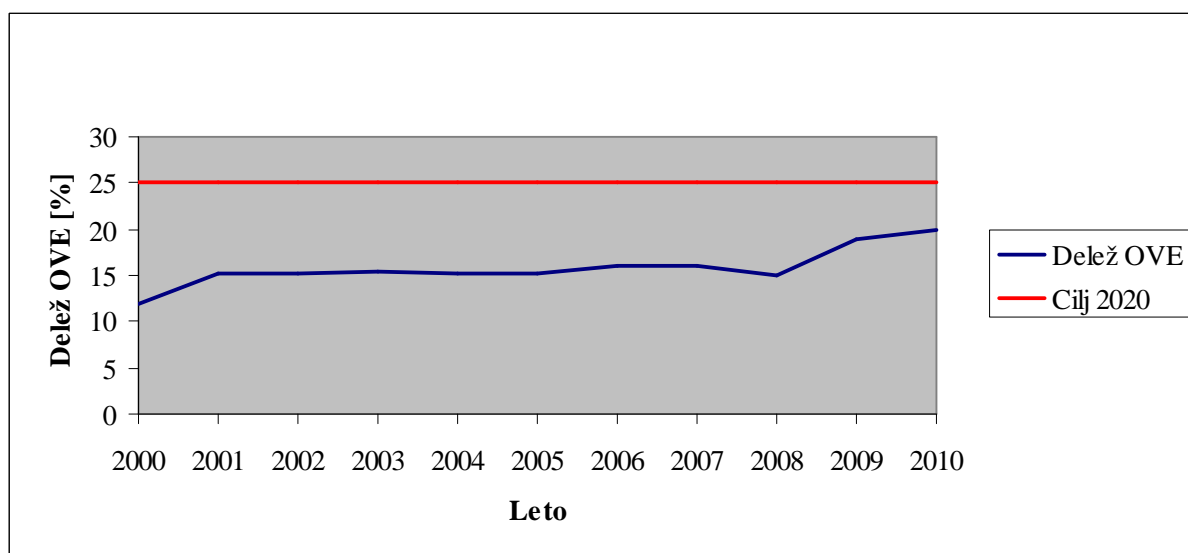


Grafikon 1: Končna poraba energije, Slovenija, 2000 – 2010 (vir: Marinič, 2012)



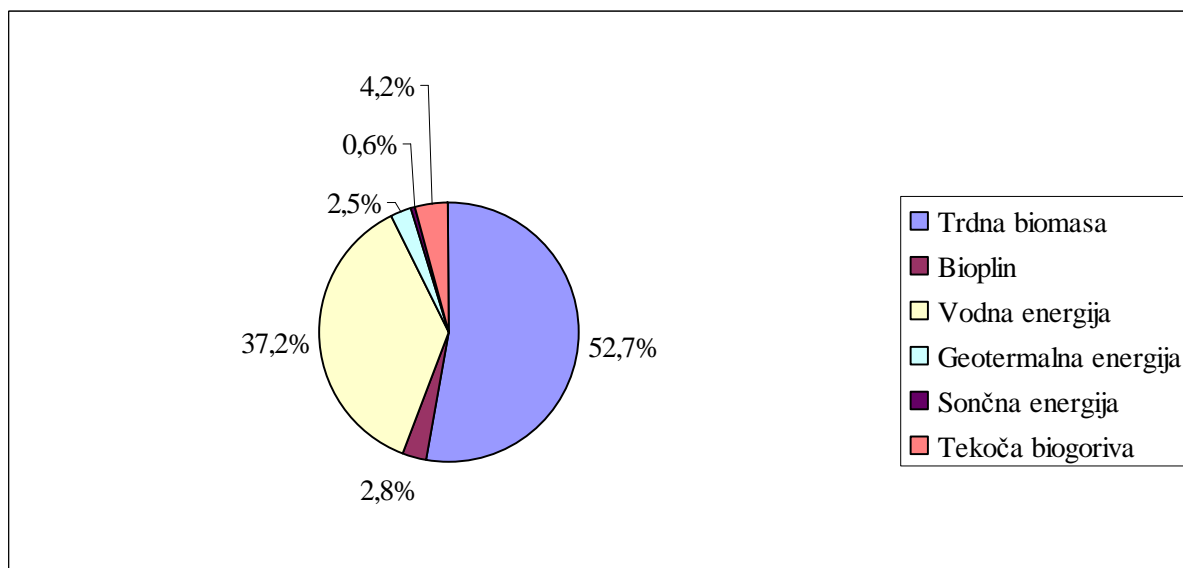
Grafikon 2: Končna poraba energije po sektorjih, Slovenija, 2010 (vir: Marinič, 2012)

Delež obnovljivih virov energije v bruto rabi končne energije v Sloveniji je leta 2010 znašal 19,8 %. Kar pomeni, da se je glede na leto 2009 povečal za 1,0 odstotno točko, glede na leto 2000 pa za 8,0 odstotne točke. Za doseg cilja 25 % deleža obnovljivih virov v bruto rabi končne energije leta 2020 manjka še 5 odstotnih točk (grafikon 3).



Grafikon 3: Gibanje deleža OVE v bruto rabi končne energije v obdobju med letoma 2000 in 2010 in cilj za leto 2020 (vir: Marinič, 2012)

Raba obnovljivih virov energije leta 2010 je znašala okoli 1 milijon toe, kar je za 8 % več kot leta 2009 in kar za 38 % več kot leta 2000. Največji delež je imela trdna biomasa in sicer 52,7 %, sledi vodna energija z 37,2 %, tekoča biogoriva z 4,2 %, bioplin z 2,8 %, geotermalna energija z 2,5 % in sončna energija z 0,6 % (grafikon 4).



Grafikon 4: Raba OVE, Slovenija, 2010 (vir: Marinič, 2012)

### 3.2 Geotermalna energija

#### 3.2.1 Splošno

Geotermalna energija je toplota, ki nastaja in je shranjena v Zemljini notranjosti. [14, 15, 16, 17]

Geotermalna energija sestoji iz:

- energetskega toka skozi Zemljino skorjo v obliki prenosa snovi (magma, voda, para ter plin),
- toka toplote zaradi prevodnosti in energije, ki je uskladiščena v kamninah in fluidih Zemljine skorje.

Geotermalno energijo lahko izkoriščamo na sledeče načine:

- geotermalno izkoriščanje (vrelci vroče vode, vrelci pare, dvofazni vrelci voda – para),
- hlajenje vročih kamenin,
- geotlačno izkoriščanje (proizvodnja električne energije, ogrevanje, balneologija).



Glede na pojavnost in možnost praktičnega izkoriščanja delimo geotermalno energijo na:

- hidrogeotermalno – toplotna energija tekočih in plinastih fluidov (stalnost in zanesljivost toplotnega toka) in
- petrogeotermalno – toplotna energija mase kamnin.

Možnost uporabe geotermalne energije pogojuje temperatura termalne vode. Tako izrabo geotermalne energije ponavadi delimo na:

- nizko-temperaturne vire (temperatura nižja od 90 °C),
- srednje-temperaturne vire (temperatura od 90 °C do 150 °C),
- visoko-temperaturne vire (temperatura višja od 150 °C).

Nizko-temperaturne vire uporabljamo kot geotermalne globinske črpalke, ki črpajo talno vodo, ki predstavlja vir toplote za ogrevanje pozimi in hlajenje poleti. Energija, ki pri temperaturi od 4 °C do 38 °C poteka preko črpalke, potuje pozimi iz vrtine do porabnika, v poletnih mesecih pa ravno obratno – od porabnika do vrtine. Takšen sistem se uporablja predvsem za ogrevanje ribogojnic, rastlinjakov, sušenje čebulnic, pasteriziranje mleka in taljenje snega.

Srednje-temperaturne vire uporabljamo neposredno s pomočjo toplotnih črpalk. Pri takšnem načinu termalna voda izvira samodejno ali pa s pomočjo vrtin. Tako pridobljeno termalno vodo lahko uporabimo za ogrevanje tovarn, gospodinjstev, ribogojnic in rastlinjakov ter za namakalne in sušilne sisteme.

Visoko-temperaturne vire uporabimo za pretvarjanje Zemljine toplote v električno energijo v geotermalnih elektrarnah.

### **3.2.2 Uporaba**

#### **3.2.2.1 Geo sonda**

Sistem izrabe geotermalne energije z geo sondo tvori vrtina z vstavljenimi geo sondo in toplotna črpalke. Uporaba toplotne črpalke za ogrevanje omogoča tudi hlajenje prostorov in ogrevanje sanitarne vode. Za odvzem toplote kamninam uporabimo vertikalne zemeljske kolektorje – geo sonde. Geo sonda je toplotni prenosnik, sestavljena iz cevi, v kateri kroži medij, ki ohladi okoliško kamnino. V notranjosti kamnin se medij segreje ter se po vzporedni cevi segret vrača na površje. Geo sonde polagamo v zemljo v globini 30 do 100 m, odvisno od toplotnih potreb objekta in moči toplotne

črpalke. Kot material se uporablja polietilen, ki zagotavlja dobro izmenjavo toplote in je odporen na tlak, vlago, glodavce in mikroorganizme. Vse votle prostore med zemljo in cevmi je potrebno zapolniti z dobro prevodnim materialom – suspenzijo vode in betonita.

Ločimo dve osnovni izvedbi geo sond:

- koaksialna cev - sestavljena je iz notranje in zunanje cevi. Skozi notranjo cev, ki je iz polietilena, teče hladni delovni medij, skozi zunanjo cev, ki je iz jekla, teče segret delovni medij te toplotne črpalke,
- dvojna U cevna sonda – sestavljena je iz dveh krakov. Skozi en krak vstopa ohlajen delovni medij, skozi drug krak se v toplotno črpalko vrača segret delovni medij.

Pri vgradnji zemeljske sonde je potrebno upoštevati:

- najmanjša razdalja med izvrtinami je 5 do 6 m,
- najmanjša oddaljenost od temeljev zgradbe 2 m,
- kakovost oziroma vrsto zemlje,
- ustrezno mešanico delovnega medija glikol/voda.

### 3.2.2.2 Toplotna črpalka zemlja/voda

Toplotna črpalka zemlja/voda izkorišča toploto tik pod površjem, torej vrhnji sloj zemlje, ki dobiva energijo preko sončnega sevanja in s padavinami. V zemljo se položijo zemeljski kolektorji, ki so različnih oblik in polnjeni z vodo, ki ji je proti zmrzovanju dodan glikol ali čisti etanol (voda in glikol sta v razmerju 70:30). Najpogosteje se vgrajuje v zemljo horizontalni cevni prenosnik, ki se ga položi v eni ali v več plasteh. V globino 1,2 do 1,8 m se položijo polietilenske cevi v dolžini 100 m na zanko. Glede na moč toplotne črpalke določimo število zank, ki jih potrebujemo.

Osnovna načina izvedbe:

- Največ toplote iz zemlje lahko prenašajo ploščati kolektorji, ki se razporedijo v obliki zank po večji površini. Velikost površine je odvisna od potreb po toploti oziroma površine, ki jo ogrevamo. Takšna izvedba zahteva precej veliko parcelo, kar je največja slabost oziroma ovira tega sistema.
- Druga možnost so kolektorji v obliki spirale oziroma posebnih košar, ki zavzamejo bistveno manj prostora, zato pa je njihova učinkovitost slabša.

Pri vgradnji zemeljskih kolektorjev je potrebno upoštevati:

- globino polaganja,

- razmike med cevmi,
- dolžine in dimenzije cevi,
- površino razpoložljivega zemljišča,
- način polaganja,
- da se zaradi morebitne zmrzali kolektorjev ne vgradi blizu nosilnih zidov, kanalizacije in vodovodnih cevi (minimalni odmiki znašajo 1 m).

### **3.2.2.3 Toplotna črpalka voda/voda**

Toplotne črpalke voda/voda izkoriščajo toploto podtalnice, ki jo v napravo iz vrtine črpa potopna črpalka. Za vgradnjo moramo izvrtati dve vrtini. Ustrezno dimenzionirana potopna črpalka črpa vodo po sesalni vrtini, po drugi vrtini pa se ohlajena voda vrača v podtalnico.

Podtalnica mora zadostovati pogojem:

- ni globlja od 30 m,
- ne sme biti tik pod površjem (možnosti zmrzali pozimi, velika nihanja temperature),
- ima temperaturo, ki ni nikoli nižja od 3 °C,
- optimalna temperatura od 7 °C do 12 °C,
- stalnost in pretok vode (pretok vsaj 0,2 m<sup>3</sup>/h za 1 kW moči črpalke).

### **3.2.2.4 Geotermalna elektrarna**

Geotermalna elektrarna je princip izkoriščanja geotermalne energije za proizvodnjo električne energije. Voda in para iz zemeljske notranjosti zagotavljata energijo, ki zažene generator. Pri tem procesu se sprosti para brez izpustov škodljivih emisij v ozračje. Hladna voda se dovaja do vročih granitnih sten, ki so blizu površine, in povzroči izhlapevanje vroče pare, ki doseže temperaturo več kot 200 °C. Para in visok pritisk poganjata generatorje.

Vrste geotermalnih elektrarn:

- Princip suhe pare – za zagon parnih turbin se uporablja geotermalna para, ki ima temperaturo običajno nad 235 °C.
- Princip ločevanja pare – izkoriščanje geotermalnih zbiralnikov, kjer je energija skladiščena v vodi pod visokim pritiskom in visokimi temperaturami. S črpanjem vode iz zbiralnikov proti elektrarni se na površini zmanjšuje tlak, topla voda se spremeni v paro in zaganja turbino. Voda, ki se ni spremenila v paro, se vrne nazaj v zbiralnik.

- Binarni princip – v binarnem procesu se toplo vodo uporablja za ogrevanje tekočin z nižjimi temperaturami. Vroča voda iz geotermalnega vira gre skozi prenosnike toplote, kjer odda toploto sekundarni tekočini. Ta tekočina se upari in zažene turbine generatorja.

### 3.2.3 Prednosti in pomanjkljivosti

#### Prednosti:

- čista in varna za okolje,
- zmanjšuje emisije toplogrednih plinov,
- neizčrpna zaloga energije,
- geotermalne elektrarne zavzamejo malo prostora, zgrajene so neposredno na viru energije, so zelo zanesljive,
- geotermalna energija je nenehno na voljo, ni odvisna od vremenskih pogojev,
- zelo nizek strošek proizvodnje,
- možnost uporabe za druge namene (proizvodnja papirja, pasterizacija mleka, v bazenih, pri procesu sušenja lesa in volne, v živinoreji, ...).

#### Pomanjkljivosti:

- ni veliko krajev primernih za geotermalno energijo in gradnjo geotermalnih elektrarn,
- ni je mogoče prevažati – uporablja se lahko samo za ogrevanje hiš v okoliških mestih in za proizvodnjo električne energije,
- sproščanje snovi in plinov globoko v zemlji, ki so lahko škodljivi, ko pridejo na površje (zelo koroziven vodikov sulfid),
- visoki investicijski stroški,
- visoki stroški vzdrževanja zaradi rje,
- usedanje tal, ki nastane pri praznjenju vodonosnikov,
- onesnaževanje voda (toplotno onesnaževanje površinskih voda, v katere spuščamo zavrženo geotermalno vodo).

### **3.3 Energija vetra**

#### **3.3.1 Splošno**

Vetrna energija je skupen izraz za postopke pridobivanja energije iz premikanja zračnih mas. Vetrna elektrarna pretvarja energijo vetra v električno energijo. Vetrna energija je vektorska kinetična energija. [18, 19]

#### **3.3.2 Uporaba**

Vetrne turbine črpajo energijo vetra tako, da gonilno silo zraka prenesejo na lopatice rotorja. Energija, ki jo lahko proizvedejo turbine, je odvisna od gostote zraka, hitrosti vetra in velikosti turbine. Rotorji večine vetrnih turbin so obrnjeni proti vetru in se premikajo glede na spremembe smeri vetra.

Območje delovanja vetrnih elektrarn je med hitrostjo vetra 5 m/s in 25 m/s:

- da začne obratovati potrebuje veter s hitrostjo 5 m/s;
- pri previsokih hitrostih, običajno nad 25 m/s, se vetrne elektrarne avtomatično ustavijo, da ne bi prišlo do poškodb;
- maksimalne moči se dobijo pri hitrosti okoli 15 m/s;
- največ energije proizvedejo vetrnice med 15 in 25 m/s.

Vetrna elektrarna lahko teoretično pretvori največ do 60 % energije vetra, v praksi pa le od 20 do 30 % energije vetra. Življenjska doba vetrne turbine znaša med 20 in 25 let.

Sestavni deli vetrne elektrarne:

- steber;
- ohišje (notri je generator električne energije, menjalnik hitrosti, rotor, sistem za spreminjanje smeri);
- lopatice.

Pred postavitvijo elektrarn na veter moramo najprej opraviti natančne meritve vetra na izbranem območju. Meritve opravljamo z anemometri. Meritve morajo biti opravljene na določeni oddaljenosti od zemeljske površine, saj se hitrost z oddaljenostjo od površine zemlje povečuje. Meritve nam dajo

podatke o smeri, hitrosti in konstantnosti. Na podlagi teh podatkov izračunamo, koliko električne energije se lahko proizvede.

### 3.3.3 Prednosti in pomanjkljivosti

Prednosti:

- enostavna pretvorba energije vetra v električno energijo,
- proizvodnja električne energije ne povzroča emisij in ne onesnažuje zraka,
- zmanjšuje porabo primarne energije,
- nizki stroški obratovanja.

Pomanjkljivosti:

- delovanje odvisno od vremena,
- časovna neenakomernost skozi letne čase,
- kvari vizualni izgled okolice zaradi svoje velikosti,
- v bližini povzroča določen nivo hrupa,
- velik vpliv na okolje zaradi potrebne infrastrukture (omrežje, dovozne ceste).

## 3.4 Sončna energija

### 3.4.1 Splošno

Sončna energija je neizčrpen vir energije, ki izvira iz nuklearnih reakcij, ki se dogajajo v središču sonca. Prosta energija se v obliki elektromagnetnega delovanja širi po vesolju. V optimalnih pogojih lahko na površini zemlje dobimo približno  $1 \text{ kW/m}^2$ , dejanska vrednost pa je odvisna od lokacije, letne dobe, dnevnih dobi in vremenskih pogojev. Sončna energija seva na površino Zemlje 15 000 krat več energije, kot jo porabi človek. [20, 21]

### 3.4.2 Uporaba

Načini izkoriščanja sončne energije:

- pasivna izraba – s solarnimi sistemi za ogrevanje in osvetljevanje prostorov,
- aktivna izraba:
  - o s sončnimi kolektorji za pripravo tople vode in ogrevanje prostorov,

- fotovoltaika – s sončnimi celicami za proizvodnjo električne energije,
- termična solarna energija za pridobivanje električnega toka.

#### **3.4.2.1 Solarni sistemi za ogrevanje in osvetljevanje prostorov**

Pasivna raba sončne energije pomeni rabo primernih gradbenih elementov za ogrevanje zgradb, osvetljevanje in prezračevanje prostorov. Izkoriščanje sončne energije poteka običajno preko zidov, oken, tal in streh, z dodajanjem elementov in površin, s katerimi reguliramo ogrevanja, ki jih povzročajo sončni žarki. Pasivno sončno ogrevanje stavb poteka tako, da pri prehodu sončne svetlobe skozi okna zadane površine ovoja in predmete (tla, zidove, okna, notranjo opremo), v katere se toplota absorbira in akumulira. Pri pasivnem hlajenju pa z zasenčevanjem ali z ventilacijo zmanjšujemo vpliv sončnih žarkov.

#### **3.4.2.2 Sončni kolektorji za pripravo tople vode in ogrevanje prostorov**

Aktivna raba sončne energije pomeni rabo s pomočjo sončnih kolektorjev. Sončne kolektorje uporabljamo za pripravo tople vode in ogrevanja prostorov. V sončnih kolektorjih se segrejeta voda za pripravo tople vode ali zrak za ogrevanje prostorov. Absorber je glavni del sončnega kolektorja, navadno izdelan iz kovine. Na absorberju je črna plast, ki absorbira sončno energijo. Glavna naloga absorberja je, da prenese toploto iz te plasti na vodo ali zrak, ki teče skozenj. Sončne kolektorje ponavadi povežemo skupaj v sistem sončnih kolektorjev, ki ga postavimo na streho ali ovoj zgradbe. Sončni kolektorji v Sloveniji sprejmejo največ sončne energije pri J ali JZ orientaciji in pri postavitvi pod kotom  $25^{\circ}$  -  $45^{\circ}$ .

#### **3.4.2.3 Fotovoltaika**

Druga vrsta aktivne rabe sončne energije je fotovoltaika. Fotovoltaika je tehnologija pretvorbe sončne energije neposredno v električno energijo. Proces pretvorbe potrebuje kot edini vir energije le svetlobo in poteka preko sončnih celic. Te so sestavljene iz polprevodnega materiala, največkrat iz silicija, pridobljenega iz kremenčevega peska. Poznamo:

- monokristalne,
- multikristalne in
- amorfne sončne celice.

Osnova monokristalnih sončnih celic so ploščice narezane iz enega samega kristala. Te celice imajo največji izkoristek med sončnimi celicami (15 % do 18 %) in so najpogostejše uporabljene, medtem ko je proizvodnja sončnih celic iz drugih oblik silicija cenejša. Sončne celice so sestavljene iz najmanj dveh plasti polprevodnega materiala. Ena plast ima pozitivni naboj, druga negativni. Pri absorpciji svetlobe se na kovinskih stikih plasti vzpostavi električni potencial. To sprosti elektrone na negativni plasti sončne celice, ki začno teči iz polprevodnika po zunanjem krogu nazaj na pozitivno plast. Tok steče, ko se priključijo naprave oziroma porabniki in s tem sklenejo krog. Za boljše funkcioniranje so sončne celice povezane skupaj v sončne module, moduli pa so skupaj z ostalimi komponentami povezani v sisteme. Ti sistemi so lahko samostojni ali priključeni na omrežje – sončne elektrarne.

Električno energijo proizvedeno s procesom fotovoltaike lahko uporabimo v več primerih:

- oskrba odročnih naselij, zgradb, itd.,
- oskrba oddaljenih naprav,
- oddaja v električno omrežje,
- uporaba v proizvodih, kot so npr. računalniki, ure, itd.

#### **3.4.2.4 Termična solarna energija**

Pri uporabi termične solarne energije za pridobivanje električnega toka, govorimo o termičnih elektrarnah. Sončna energija se s pomočjo ogledal koncentrira in segreva vodo. Izhodna para se uporablja za poganjanje turbine in generatorja, ki proizvaja električno energijo. [22]

Poznamo:

- parabolična korita,
- paraboloidne elektrarne (sončne peči),
- Stirling – solarni generator in
- solarne stolpne elektrarne.

Parabolična korita sestavljajo velika polja z linearno postavljenimi zrcali konkavne oblike. Sončni žarki so usmerjeni na cev, ki poteka v centru žarišča. Tekočina v cevi se segreje do 400 °C, kjer z izparevanjem poganja parno turbino, s priključenim generatorjem za proizvodnjo električne energije. Parabolična korita so trenutno stroškovno najugodnejša za pridobivanje električne energije.

Paraboloidne elektrarne ali sončne peči so sestavljene iz dvodimenzionalnega zavitega ogledala konkavne oblike. Sončni žarki so usmerjeni v žarišče ogledala, kjer dosežejo zelo visoke temperature. Stirling – solarni generator sestavljajo parabolna zrcala z 8 do 20 m premera, električno energijo pa pridobivajo s pomočjo Stirling motorjev. Solarni generator, ki se nahaja v točki žarišča ima izkoristek



do 50 kW. Solarne stolpne elektrarne so sestavljene iz večjega števila ravnih ogledal, ki se avtomatično obračajo proti soncu. Sončni žarki segrevajo tekočino, ki izpareva.

### **3.4.3 Prednosti in pomanjkljivosti**

Prednosti:

- proizvodnja električne energije iz fotovoltaičnih sistemov je okolju prijazna,
- izkoriščanje sončne energije ne onesnažuje okolja,
- sončna energija je brezplačna in v neomejenih količinah,
- proizvodnja in poraba sta na istem mestu,
- fotovoltaika omogoča oskrbo z električno energijo oddaljenih področij in oddaljenih naprav,
- sončni kolektorji potrebujejo zelo malo vzdrževanja.

Pomanjkljivosti:

- težave pri izkoriščanju sončne energije zaradi različnega sončnega obsevanja posameznih lokacij,
- možnost izkoriščanja samo podnevi,
- cena električne energije pridobljene iz sončne energije je veliko dražja od tiste proizvedene iz tradicionalnih virov.

## **3.5 Solarno hlajenje**

### **3.5.1 Splošno**

Solarne hladilne in klimatizacijske sisteme delimo glede na medij, s katerim prezračujemo stavbo:

- o »odprtem procesu« govorimo, ko zrak s katerim prezračujemo stavbo hladimo v napravi pred vstopom v stavbo,
- pri »zaprtem procesu« je produkt hlajena voda (5 °C – 10 °C), ki se pretaka do decentralnih enot (ventilatorski konvektorji, hladilne grede, toplotno vzbujene gradbene konstrukcije). [23, 24]

Oba sistema za delovanje potrebujeta dovajanje toplote. To je naloga sprejemnikov sončne energije. Temperaturni nivo dovedene toplote je med 50 °C in 60 °C pri odprtem in 80 °C do 95 °C pri zaprtem procesu.

### 3.5.2 Uporaba

#### 3.5.2.1 Odprti sistemi – sistemi z ohlajenim zrakom

Zračni hladilni proces deluje na neposrednem hlajenju zraka. Odprti krožni proces deluje na principu hlapilnega hlajenja z razvlaževanjem s pomočjo higroskopične snovi v trdnem ali tekočem stanju. Pri navlaževanju zraka kapljice vode izhlapijo v zrak. Energijo za ta naravni proces črpajo iz zraka, zato se zrak ohladi, ob tem pa se poveča vlažnost zraka. Ta način hlajenja je učinkovit v vročih in suhih okoljih.

Pri obratnem procesu, ki ga imenujemo sorpcija, molekule vodne pare iz zraka prehajajo v trdno snov (silikagel) ali tekočino (litijev bromid). Posledično se zrak osuši, a tudi segreje. S segrevanjem snovi v katero so prešle molekule vodne pare dosežemo, da se ta osuši. To pa je naloga sprejemnikov sončne energije.

#### 3.5.2.2 Zaprti sistemi – sistemi z ohlajeno vodo

Pri zaprtih sistemih ločimo absorpcijske hladilne naprave in adsorpcijske hladilne naprave.

V absorpcijskih hladilnih napravah v procesu sorpcije sodelujeta dve snovi – hladivo in absorvent. Za hlajenje stavb se kot hladivo najpogosteje uporablja voda, kot absorvent pa litijev bromid. Kot vir toplote se najpogosteje uporablja odpadna toplota iz drugih procesov. Prednost teh sistemov je manjša poraba električne energije za pogon kompresorja kot pri klasičnih hladilnih sistemih.

Adsorpcijsko hlajenje poteka v primeru, ko namesto absorbenta uporabimo trdno snov (silikagel). Trdna snov adsorbira hladivo, ki ga doda, ko mu dovedemo toploto. Kontinuirano delovanje dosežemo z vsaj dvema ločenima posodama s sorpcijsko snovjo.

### 3.5.3 Prednosti in pomanjkljivosti

Prednosti:

- možnost uporabe odpadne toplote,
- uporabljena hladila ne vplivajo na globalno segrevanje,
- tiho delovanje brez vibracij,

- zanesljiv sistem,
- vrhunec obremenitve zaradi hlajenja stavbe je približno enak vrhuncu sončne toplotne energije,
- absorpcijskih hladilnih naprav skoraj ni treba vzdrževati.

Pomanjkljivosti:

- nizka učinkovitost in nizek koeficient učinkovitosti v primerjavi s konvencionalnimi hladilnimi napravami,
- večje enote za odvod toplote kot pri konvencionalnih hladilnih napravah,
- počasnejši zagon in počasnejši odziv na spremembe obremenitev,
- potrebno je ujemanje temperature sprejemnika sončne energije in obratovalne temperature hladilne naprave,
- razmeroma visoki stroški absorpcijskih hladilnih naprav in sprejemnikov sončne energije.

### **3.6 Biomasa**

#### **3.6.1 Splošno**

Biomasa je organska snov, ki se v kratkem času obnovi sama. Biomasa je naravna snov, proizvedena s fotosintezo, ki jo lahko predelamo v trda, tekoča ali plinasta goriva, ki jih kasneje porabimo. Biomaso ločimo na trdo biomaso (les, trave, energetske rastline, rastlinska olja, ...), bioplin in biodizel. [25, 26, 27]

#### **3.6.2 Uporaba**

##### **3.6.2.1 Bioplin**

Bioplin je mešanica plinov, ki izvira iz biomase. Najpogosteje ga proizvajamo s pomočjo anaerobne presnove organskih materialov, kar lahko dosežemo s pomočjo anaerobnih mikroorganizmov. V ta namen se uporabljajo odpadni biološko razgradljivi materiali iz gospodinjstev, kmetijstva in industrije (hlevski gnoj, mesni ostanki, koruzna silaža, ...) ali pa v ta namen gnojene energetske rastline.

Izkoriščanje bioplina poteka v celoti v plinskih motorjih za soproizvodnjo toplote in električne energije (SPTE). Toplota v teh sistemih je večinoma porabljena samo za ogrevanje digestorja, delno

pa tudi za ogrevanje prostorov. Druga možna uporaba bioplina je v kotlih za pripravo tople vode ali ogrevanje stanovanjskih in poslovnih prostorov, hlevov, rastlinjakov ali ogrevanje bazenov.

Največja slabost so visoki investicijski in obratovalni stroški za naprave. Prednosti njegove izrabe so v zmanjšanju emisij ogljikovega dioksida ( $\text{CO}_2$ ) in metana ( $\text{CH}_4$ ), povečevanju zanesljivosti energetske oskrbe, pridobivanju neodvisno od letnega časa in v natančno predvidljivih količinah ter omogočanju zmanjšanja uporabe umetnih gnojil.

### **3.6.2.2 Biodizel**

Osnovna surovina za proizvodnjo biodizla je olje, pridobljeno s hladnim stiskanjem oljne ogrščice ali sončnic. Za končno pridobitev biodizla je potrebna še nadaljnja tehnološko-kemična predelava.

Biodizel je gorivo, ki ga lahko uporabimo v običajnem motorju.

Največja pomanjkljivost goriva sta visoki stroški predelave in poraba pridelkov, ki bi lahko služili za prehrano. Najpomembnejša pozitivna lastnost pa je, da v zrak spušča 91 % manj toplogrednih plinov kot bencin.

### **3.6.2.3 Lesna biomasa**

Z lesno biomaso zadostimo okrog 7 – 10 % osnovnih energetskih potreb na svetu. Lesna biomasa obsega naravni les:

- les iz gozdov (hlodi, vejevje, grmovje itd.),
- lesne odpadke iz industrije (odpadni kosi, žagovina, lubje in odpadni proizvodi iz lesa kot so zaboji, palete itd.).

Lesno biomaso uporabimo za pridobivanje toplote, ki jo nato uporabimo za ogrevanje ali pa za proizvodnjo električne energije. Pretvorba energije lesne biomase v toplotno energijo poteka v napravah za kurjenje lesne biomase – kotlih. V njih poteka pridobivanje toplote z visokimi izkoristki, ki je okolju prijazno. Kotli omogočajo tudi avtomatizacijo kurjenja z nalaganjem goriva in reguliranjem gorenja. Glede uporabljene tehnologije za izrabo lesne biomase poznamo peč na polena, peč za kurjenje s sekanci in peč na pelete.

Peči na polena imajo ločeni zgorevalni prostor na dva dela. Sušenje in uplinjanje lesa poteka v primarnem, v sekundarnem pa poteka zgorevanje nastalih lesnih plinov. S tem se zniža onesnaženje in

doseže višji izkoristek (višji od 90 %). Peči elektronsko uravnavajo dovajanje svežega zraka v gorišče in imajo tudi sistem avtomatskega nalaganja polen v kurišče. Polena, ki se uporabljajo v kotlih, naj bi imela za doseganje dobre kakovosti znižano vsebnost vode pod 20 %.

Peči za kurjenje s sekanci imajo neprekinjen dovod goriva in nadzorovan dotok zraka, kar zagotovi visok izkoristek in prilagajanje procesa zgorevanja potrebam po toploti. Sekanci so strojno drobljen les, s katerim se doseže hitrejše uplinjanje lesa. Pri takšnih pečeh poteka proces avtomatsko, razen polnjenje zalogovnika in odstranjevanje pepela. Sekanci, ki se uporabljajo v pečeh, naj bi imeli, za doseganje dobre kakovosti, vsebnost vode okrog 30 %. Slabost lesnih sekancev je velikost prostora potrebnega za njihovo skladiščenje.

Kotel na pelete deluje na podoben princip kot kotel na sekance. Takšna tehnologija je sicer dražja, je pa čistejša in potrebuje manj prostora za skladiščenje. Peleti so močno stisnjeni, predhodno zmleti, podobnih dimenzij in suhi, zato je njihova kurilna vrednost večja.

### **3.6.3 Prednosti in pomanjkljivosti**

Prednosti:

- obnovljiv vir energije,
- prispeva k čiščenju gozdov,
- zmanjšuje emisije ogljikovega dioksida ( $\text{CO}_2$ ) in žveplovega dioksida ( $\text{SO}_2$ ),
- zmanjšuje uvozno odvisnost,
- proizvodnja energije na mestu uporabe,
- biogoriva so razgradljiva in netoksična,
- varen transport in skladiščenje.

Pomanjkljivosti:

- visoka cena tehnologije za izrabo biomase,
- onesnaženje atmosfere s trdnimi delci pri uporabi trdne biomase.

### 3.7 Soproizvodnja z biomaso

#### 3.7.1 Splošno

Soproizvodnja, imenovana tudi kogeneracija toplotne in električne energije, je energetska tehnologija za sočasno proizvodnjo toplote in električne energije iz istega vira. Soproizvodni sistemi se uporabljajo v objektih, v katerih je celo leto potreba po proizvedeni električni energiji in ogrevanju. Soproizvodna enota je sestavljena iz pogonskega stroja, v katerem zgoreva gorivo. Mehanska moč, ki jo proizvaja motor, se z vgrajenim električnim generatorjem uporablja za proizvodnjo električne energije. Toplota, ki jo oddaja motor, se uporablja za ogrevanje prostorov ali sanitarne vode. Odpadna toplota se lahko uporablja tudi za ohlajevanje prostorov, če se odvede skozi absorpcijsko hladilno napravo.

#### 3.7.2 Uporaba

Sistemi za soproizvodnjo se ločijo v skupine glede na električno moč:

- mikro soproizvodnja, z električno močjo manjšo od 5 kW, za hišno uporabo (ogrevanje prostorov in sanitarne vode)
- manjša soproizvodnja, z električno močjo manjšo 50 kW, za ogrevanje stanovanjskih naselij, v industriji, bolnišnicah, čistilnih napravah za odpadne vode, ...
- velika soproizvodnja, z električno močjo večjo od 50 kW, za daljnovodno ogrevanje več večjih odjemalcev povezanih v sistem; proizvodnja večjih količin elektrike.

Sistemi se ločijo tudi glede na uporabo energentov, ki jih uporabljamo za delovanje soproizvodnje. Kot energent lahko uporabljamo zemeljski ali utekočinjen naftni plin, dizelsko gorivo, lesno biomaso ter bioplin. Sistemi vključujejo batne motorje, parne turbine, plinske turbine in sisteme s kombiniranim ciklom.

Za soproizvodnjo na biomaso se uporabljajo tri glavne tehnologije:

- zgorevanje na rešetki, ki je tradicionalni pristop za kurjenje trdnega goriva (uporaba toplote za proizvodnjo energije s parno turbino),
- zgorevanje v vrtinčni plasti (uporaba toplote za proizvodnjo energije s parno turbino),

- uplinjanje, kjer se iz biomasnega vira pridobivajo gorljivi plini. Pridobljeni plin se lahko uporabi za poganjanje različnih pogonskih strojev, vključno z motorji z notranjim izgorevanjem.

### **3.7.3 Prednosti in pomanjkljivosti**

Prednosti:

- proizvaja lahko električno energijo in toploto,
- poganja se lahko z biogorivi,
- doseže se lahko visoka učinkovitost delovanja, če se proizvedena toplota v celoti izkoristi,
- izboljša se lahko kakovost električnega omrežja s stabilizacijo napajalnega toka in napetosti,
- zagotavlja neprekinjeno oskrbo z električno energijo,
- proizvedena toplota se lahko uporablja za pogon absorpcijskih hladilnih naprav.

Pomanjkljivosti:

- za najboljšo možno zmogljivost so potrebne predvidljive in razmeroma konstantne obremenitve,
- za največjo možno učinkovitost je potrebna poraba proizvedene toplote v celoti,
- zahteva se redno in načrtovano vzdrževanje,
- redko se uporablja izključno za proizvodnjo električne energije ali le toplote,
- za stroškovno učinkovitost soproizvodnega sistema je potrebno minimalno delovanje sistema štiri tisoč do pet tisoč ur letno,
- visoka začetna investicija.

## **3.8 Vodna energija**

### **3.8.1 Splošno**

Vodna energija je najpomembnejši obnovljivi vir energije. Z izkoriščanjem energije vode je proizvedeno 21,6 % vse električne energije na svetu in kar 24,5 % proizvedene električne energije v Sloveniji. [28, 29, 30]

### 3.8.2 Uporaba

Pretvorba hidroenergije v električno energijo poteka v hidroelektrarnah. Količina pridobljene električne energije je odvisna od količine vode in od višinske razlike vodnega padca. Glede na to ločimo različne tipe elektrarn:

- pretočne elektrarne,
- akumulacijske elektrarne,
- pretočno-akumulacijske elektrarne in
- male hidroelektrarne.

Pretočne elektrarne izkoriščajo veliko količino vode, ki ima relativno majhen padec. Reko se zajezi, nima pa vodne akumulacije. Slaba lastnost teh elektrarn je, da sta proizvedena energija in oddana moč odvisna od pretoka, ki pa skozi leto niha. Dobre lastnosti pa so v enostavnejši gradnji, majhnem vplivu na okolje in da ne povzročajo dviga podzemnih vod.

Akumulacijske hidroelektrarne izkoriščajo manjše količine vode, z velikim višinskim padcem. Voda se akumulira z nasipi ali pa s poplavitvijo dolin in sotesk. Voda se shranjuje predvsem za obdobje leta, ko je zmanjšan pretok vode. Akumulacijske hidroelektrarne so najpogostejši način pridobivanja električne energije z vodo.

Pretočno-akumulacijske hidroelektrarne so elektrarne, ki se gradijo v verigi, v kateri ima le prva elektrarna akumulacijsko jezero. Te elektrarne zbirajo vodo navadno krajši čas kot akumulacijske elektrarne.

Male hidroelektrarne so manjši objekti postavljeni na manjših vodotokih. Male hidroelektrarne so lahko povezane in oddajajo energijo v javno omrežje, ali pa so samostojne in napajajo omejeno število porabnikov.

### 3.8.3 Prednosti in pomanjkljivosti

Prednosti:

- proizvodnja električne energije ne onesnažuje okolja (zmanjševanje emisij, zmanjšuje učinek tople grede),
- dolga življenjska doba in relativno nizki obratovalni stroški,
- zanesljiva, preizkušena tehnologija,



- stabilnost priklopa na omrežje.

Pomanjkljivosti:

- izgradnja hidrocentral predstavlja velik poseg v okolje,
- nihanje proizvodnje glede na razpoložljivost vode po različnih mesecih leta,
- visoka investicijska vrednost.

### **3.9 Zaključek**

Z uporabo OVE za generiranje toplotne energije za delovanje stavbe zmanjšamo vplive na okolje, če pa želimo doseči cilje EPBD-recast, to je skoraj nič-energijska stavba, je potrebno izboljšati tudi učinkovitost stavb. Primer izboljšanja učinkovitosti stavb je predstavljen v naslednjem poglavju.

## 4 IZBOLJŠANJE UČINKOVITOSTI STAVB

### 4.1 Uvod

Ta del je namenjen analizi večstanovanjske stavbe. Za obravnavano stavbo je predstavljeno izhodiščno stanje, s sestavo konstrukcijskih sklopov, kasneje pa ukrepi, s katerimi bi izboljšali energetske lastnosti te stavbe.

Glavni kazalci energijske učinkovitosti oz. rabe energije za ogrevanje v stavbi po Pravilniku o učinkoviti rabi energije (PURES 2010):

- koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub  $H_T'$ ,
- letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine  $Q_{NH}/A_u$ ,
- letni potrebni hlad za hlajenje na enoto neto uporabne površine  $Q_{NC}/A_u$ ,
- letna primarna energija za delovanje sistemov v stavbi na enoto uporabne površine stavbe  $Q_P/A_u$ ,
- toplotna prehodnost oz. tako imenovani U-faktorji.

### 4.2 Predstavitev uporabljenih programov

Za izvedbo energetske analize večstanovanjskega objekta sem uporabil programa TEDI in TOST. Oba programa so razvili na Katedri za stavbe in konstrukcijske elemente na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani.

Računalniški program TEDI je namenjen računu toplotne prehodnosti, analizi toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne konstrukcijske sklope po Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002 [31].

Računalniški program TOST izračuna podatke, potrebne za končno poročilo (v skladu s SIST EN ISO 13790) oziroma dokaz ustreznosti o toplotni zaščiti stavbe. Program pri izračunu upošteva Pravilnik o učinkoviti rabi energije (PURES 2010), Tehnično smernico TSG-1-004: 2010 – Učinkovita rabe energije in standard SIST EN ISO 13790:2008 [32].

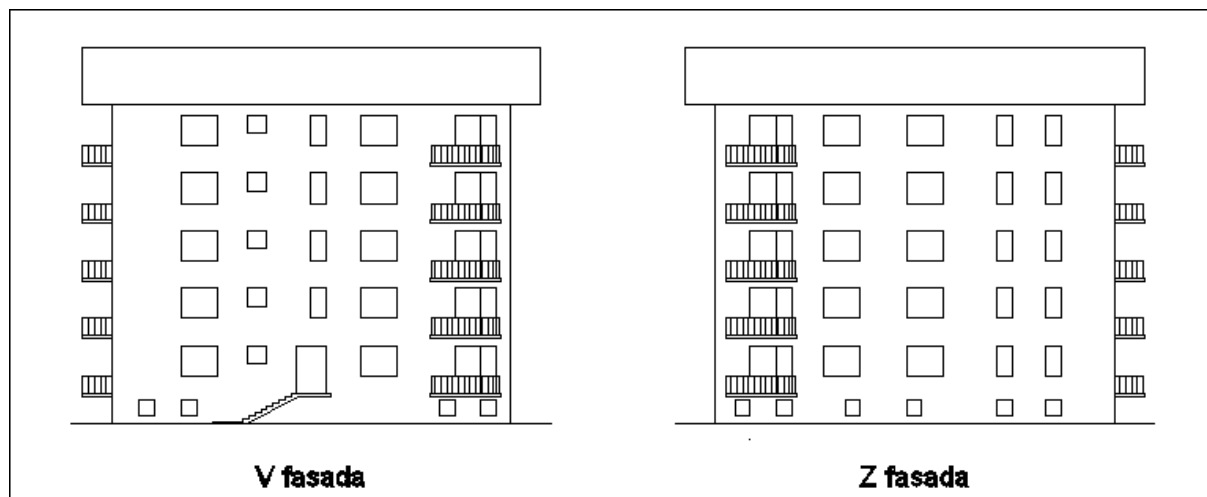
## 4.3 Vzorčni objekt

### 4.3.1 Predstavitev objekta

Obravnavani objekt je večstanovanjska stavba, ki se nahaja v Ljubljani, v katastrski občini Bežigrad. Objekt je bil zgrajen leta 1966. Tlorisna oblika objekta je pravokotna in meri 19,8 m v dolžino in 16,52 m v širino. Objekt je 18,45 m visok in zgrajen v 7 etažah: klet, pritličje, 4 nadstropja in podstrešje. Vse etaže so enake svetle višine 2,55 m. Pritličje je za 1,5 m dvignjeno od terena, klet pa je za 1,05 m vkopana v teren. Klet je namenjena predvsem shranjevanju. Pritličje in nadstropja sestavljajo 25 stanovanj, po 5 na etažo, ki predstavljajo bivalni del, in stopnišča, ki predstavlja komunikacijo med stanovanji in nadstropji. Podstrešje je neizkoriščeno. Streha je dvokapna, pokrita je z opečno kritino, njena slemenska lega poteka v smeri sever-jug.



Slika 1: Severna in južna fasada



Slika 2: Vzhodna in zahodna fasada

#### 4.3.2 Seznam obstoječih konstrukcijskih sklopov

Preglednica 2: Sestava zunanje stene

Zunanja stena obravnavane stavbe					
Material	Debelina [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	C [J/kgK]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [l]
Apnena malta	0,03	1600	1050	0,810	10,0
Mrežasti opečni votlak	0,40	1400	920	0,610	6,0
Apnena malta	0,03	1600	1050	0,810	10,0
$U = 1,111 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$			Toplotna prehodnost ne ustreza!		

Preglednica 3: Sestava stropa nad neogrevano kletjo

Strop nad neogrevano kletjo obravnavane stavbe					
Material	Debelina [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	C [J/kgK]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [l]
Hrastov parket	0,03	700	1670	0,210	15,0
Cementni estrih	0,05	2200	1050	1,400	30,0
Polietilenske folije	0,002	1000	1250	0,190	80000,0
Mineralna volna	0,03	200	840	0,041	1,0
Betoni iz kamnitega agregata	0,20	2400	960	2,040	60,0
Podaljšana apnena malta	0,025	1700	1050	0,850	15,0
$U = 0,850 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$			Toplotna prehodnost ne ustreza!		

Preglednica 4: Sestava tal na terenu

Tla na terenu obravnavane stavbe					
Material	Debelina [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	C [J/kgK]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [l]
Keramične ploščice	0,025	2300	920	1,280	200,0
Cementni estrih	0,05	2200	1050	1,400	30,0
Betoni iz kamnitega agregata	0,20	2400	960	2,040	60,0
$U = 3,530 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\max} = 0,300 \text{ W/m}^2\text{K}$			Toplotna prehodnost ne ustreza!		

Preglednica 5: Sestava stropa proti neogrevanemu podstrešju

Strop proti neogrevanemu podstrešju obravnavane stavbe					
Material	Debelina [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	C [J/kgK]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [l]
Cementni estrih	0,05	2200	1050	1,400	30,0
Polietilenske folije	0,002	1000	1250	0,190	80000,0
Mineralna volna	0,03	200	840	0,041	1,0
Betoni iz kamnitega agregata	0,20	2400	960	2,040	60,0
Podaljšana apnena malta	0,025	1700	1050	0,850	15,0
$U = 0,925 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\max} = 0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$			Toplotna prehodnost ne ustreza!		

Preglednica 6: Sestava strešne konstrukcije

Strešna konstrukcija obravnavane stavbe					
Material	Debelina [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	C [J/kgK]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [l]
Strešnik	0,02	1900	880	0,990	40,0
Les, smreka/bor	0,025	500	2090	0,140	70,0
$U = 2,712 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\max} = 0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$			Toplotna prehodnost ne ustreza!		

Preglednica 7: Sestava stene med bivalnim delom in stopniščem

Zunanja stena obravnavane stavbe					
Material	Debelina [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	C [J/kgK]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [l]
Apnena malta	0,03	1600	1050	0,810	10,0
Mrežasti opečni votlak	0,25	1400	920	0,610	6,0
Apnena malta	0,03	1600	1050	0,810	10,0
$U = 1,529 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$			Toplotna prehodnost ne ustreza!		

Odprtine:

- Okna in balkonska vrata:

Večan okvir oken in balkonskih vrat je narejen iz hrastovega lesa. Zasteklitev je sestavljena iz dveh plasti stekla debeline 4 mm z 10 mm vmesnega zračnega prostora. Skupna toplotna prehodnost okna in balkonskih vrat znaša  $U = 2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ , faktor celotnega sončnega sevanja pa  $g = 0,76$ .

- Vhodna vrata:

Vhodna vrata v stavbo in vhodna vrata v stanovanja so iz hrastovega lesa. Skupna toplotna prehodnost vrat je  $U = 2,52 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

#### 4.3.3 Vhodni podatki

Preglednica 8: Tehnični opis stavbe

Lokacija (naselje, ulica, kraj)	Ljubljana	
Katastrska občina	Bežigrad	
Koordinate lokacije stavbe	X = 103562	Y = 462099
Vrsta stavbe	Večstanovanjska stavba	
Etažnost	7 etaž (K+P+4N+NP)	

Preglednica 9: Geometrijske karakteristike

Neto uporabna površina stavbe $A_u$	1225,25 m <sup>2</sup>
Neto ogrevana prostornina stavbe $V_e$	4336,12 m <sup>3</sup>
Površina toplotnega ovoja stavbe $A$	1872,47 m <sup>2</sup>
Oblikovni faktor $f_0 = A/V_e$	0,43 m <sup>-1</sup>

Preglednica 10: Klimatski podatki

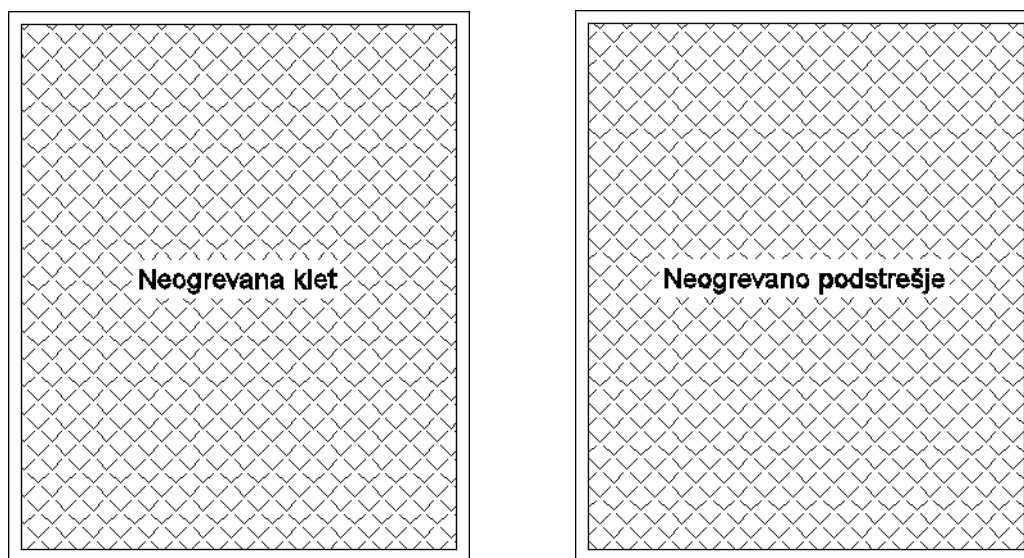
Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	3300
Projektna temperatura (°C)	- 13
Povprečna letna temperatura (°C)	9,8
Letna sončna energija (kWh/m <sup>2</sup> )	1121
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	235
Začetek ogrevalne sezone (dnevi)	265
Konec ogrevalne sezone (dnevi)	135

Notranji viri dobitkov toplote oddajamo ljudje in naprave (električne naprave, svetila). Povprečno moč dobitkov iz notranjih virov sem izračunal po poenostavljeni metodi, kar znaša  $5 \text{ W/m}^2$ .

Obravnavana zgradba se prezračuje naravno. Po standardu je določena minimalna izmenjava zraka  $n_{\min} = 0,5 \text{ h}^{-1}$ , kar pomeni, da se polovica celotnega zraka v eni uri zamenja. Dodatek F standarda SIST EN ISO 13790 poda minimalno izmenjava zraka za ta tip stavbe  $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$ . Glede na to, da stavba v trenutnem stanju zelo slabo tesni in je del prezračevanja tudi posledica infiltracije, sem predvidel  $n = 0,8 \text{ h}^{-1}$ .

Temperaturo, ki je predvidena v ogrevanih prostorih (notranja projektna temperatura), predvidim pozimi  $21^\circ\text{C}$  čez dan in  $17^\circ\text{C}$  ponoči, poleti pa  $26^\circ\text{C}$  čez cel dan. Režim ogrevanja je razdeljen na dan in noč. V času ogrevalne sezone se 8 ur ogreva na nočno temperaturo (med 22 uro zvečer in 6 uro zjutraj).

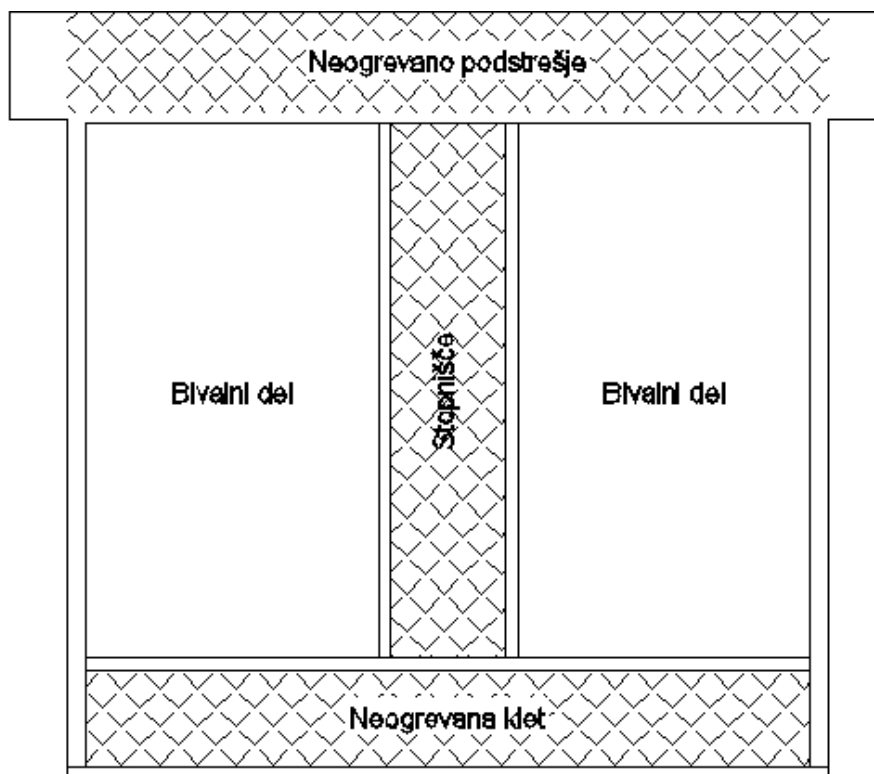
Stavbo sem glede na uporabo razvrstil na štiri temperaturne cone. Ena cona je ogrevana, ostale tri so neogrevane. Bivalni del predstavlja ogrevano cono, neogrevane cone pa predstavljajo klet, stopnišče in podstrešje.



Slika 3: Razdelitev na cone: Tloris neogrevane kleti (levo) in tloris neogrevanega podstrešja (desno)

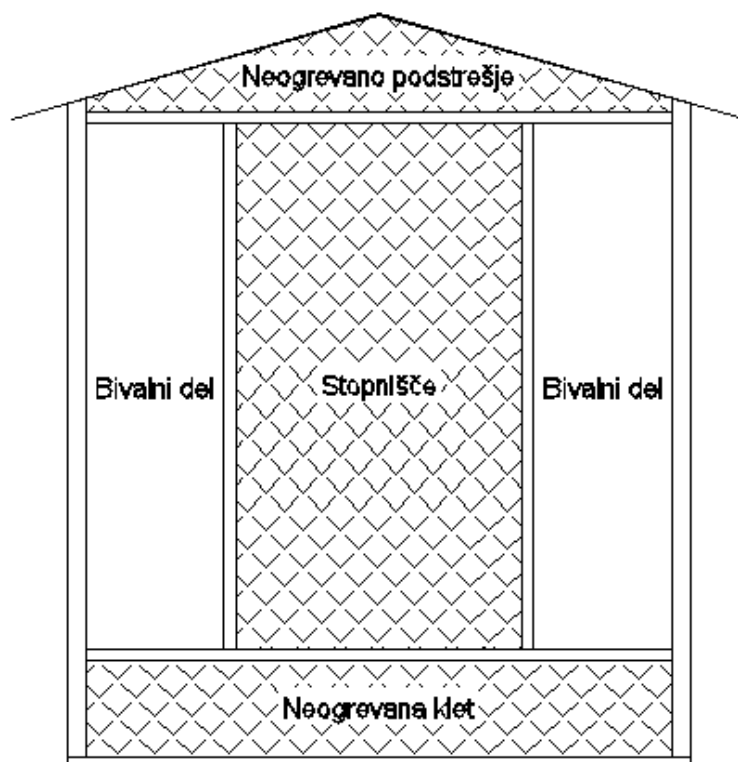


Slika 4: Razdelitev na cone: Tloris pritličja in tipičnega nadstropja



Slika 5: Razdelitev na cone: Vz dolžni prere z





Slika 6: Razdelitev na cone: Prečni prerez

Preglednica 11: Podatki za ogrevano cono

Opis cone	Bivalni del			
Prostornina cone	4336,22 m <sup>3</sup>			
Uporabna površina cone	1225,95 m <sup>2</sup>			
Projektna notranja temperatura pozimi	Dan: 21 °C		Noč: 17 °C	
Projektna notranja temperatura poleti	Dan: 26 °C		Noč: 26 °C	
Zunanja stena (netransparentni del)	819,77 m <sup>2</sup>			
Transparentni konstrukcijski sklopi/usmeritev	Sever	Jug	Vzhod	Zahod
Okno in balkonska vrata	38,50 m <sup>2</sup>	59,59 m <sup>2</sup>	56,62 m <sup>2</sup>	57,49 m <sup>2</sup>
Vhodna vrata	/	/	3,15 m <sup>2</sup>	/

Preglednica 12: Podatki za neogrevano klet

Opis cone	Neogrevana klet
Prostornina cone	932,22 m <sup>3</sup>
Uporabna površina cone	267,99 m <sup>2</sup>
Zunanja stena (netransparentni del)	190,73 m <sup>2</sup>

se nadaljuje...

nadaljevanje Preglednice 12

Transparentni konstrukcijski sklopi/usmeritev	Sever	Jug	Vzhod	Zahod
Okno	3,89 m <sup>2</sup>	3,47 m <sup>2</sup>	2,31 m <sup>2</sup>	3,47 m <sup>2</sup>
Vrata	/	/	3,15 m <sup>2</sup>	/
Debelina zunanje stene	0,46 m			
Površina tal kleti	327,10 m <sup>2</sup>			
Izpostavljeni obseg tal	72,64 m			
Globina tal kleti pod nivojem terena	1,5 m			

Preglednica 13: Podatki za stopnišče (neogrevana cona)

Opis cone	Stopnišče			
Prostornina cone	324,90 m <sup>3</sup>			
Uporabna površina cone	114,00 m <sup>2</sup>			
Zunanja stena (netransparentni del)	302,10 m <sup>2</sup>			
Transparentni konstrukcijski sklopi/usmeritev	Sever	Jug	Vzhod	Zahod
Vrata	3,36 m <sup>2</sup>	3,36 m <sup>2</sup>	4,83 m <sup>2</sup>	/

Preglednica 14: Podatki za neogrevano podstrešje

Opis cone	Neogrevano podstrešje
Prostornina cone	547,89 m <sup>3</sup>
Uporabna površina cone	245,19 m <sup>2</sup>
Zunanja stena (netransparentni del)	82,72 m <sup>2</sup>
Streha	456,66 m <sup>2</sup>
Debelina zunanje stene	0,46 m

#### 4.3.4 Izračun

Osnovna varianta izračuna je obstoječe stanje obravnavane stavbe. Glede na to, da stavba nima toplotne izolacije, pričakujem visoko presežene dovoljene vrednosti porabe toplote. Zato sem v nadaljevanju predlagal ukrepe, s katerimi pričakujem, da bom zmanjšal porabo toplote. Ukrepi vsebujejo dodatno toplotno izolacijo v konstrukcijskem sklopu ogrevane cone in zamenjavo stavbnega pohištva tako, da njihove toplotne prehodnosti ustrezajo zahtevam Tehnične smernice TSG-1-004:2010. Pričakujem, da bosta najučinkovitejša ukrepa dodatna toplotna izolacija zunanje stene in zamenjava oken, zato sem v tem primeru naredil dodatne variante. V nadaljevanju sem naredil še različne kombinacije teh ukrepov.

Opis glavnih ukrepov:

- Ukrep 1: Zamenjava oken in vhodnih vrat

Vsa obstoječa okna, s toplotno prehodnostjo  $2,8 \text{ W/m}^2$  za okvir in steklo, zamenjam z energijsko varčnimi okni s toplotno prehodnostjo  $1,3 \text{ W/m}^2$  in faktorjem celotnega sončnega sevanja  $g = 0,58$  (dvoslojna zasteklitev z nizkoemisijским nanosom in z 12 mm zračnim polnilom med stekli). Vhodna vrata s toplotno prehodnostjo  $2,52 \text{ W/m}^2$  zamenjam z vrati s toplotno prehodnostjo  $1,60 \text{ W/m}^2$ .

- Ukrep 2: Zamenjava oken in vhodnih vrat – varianta 1

Vsa obstoječa okna, s toplotno prehodnostjo  $2,8 \text{ W/m}^2$  za okvir in steklo, zamenjam z energijsko varčnimi okni s toplotno prehodnostjo  $1,09 \text{ W/m}^2$  in faktorjem celotnega sončnega sevanja  $g = 0,58$  (dvoslojna zasteklitev z nizkoemisijским nanosom in z 10 mm kriptona med stekli). Vhodna vrata s toplotno prehodnostjo  $2,52 \text{ W/m}^2$  zamenjam z vrati s toplotno prehodnostjo  $1,6 \text{ W/m}^2$ .

- Ukrep 3: Zamenjava oken in vhodnih vrat – varianta 2

Vsa obstoječa okna, s toplotno prehodnostjo  $2,8 \text{ W/m}^2$  za okvir in steklo, zamenjam z energijsko varčnimi okni s toplotno prehodnostjo  $0,89 \text{ W/m}^2$  in faktorjem celotnega sončnega sevanja  $g = 0,53$  (troslojna zasteklitev z nizkoemisijским nanosom in z 16 mm argona med stekli). Vhodna vrata s toplotno prehodnostjo  $2,52 \text{ W/m}^2$  zamenjam z vrati s toplotno prehodnostjo  $1,6 \text{ W/m}^2$ .

- Ukrep 4: Dodatna toplotna izolacija zunanje stene

Zunanji steni dodam 12 cm toplotne izolacije iz ekspandiranega polistirena s toplotno prevodnostjo  $0,039 \text{ W/mK}$ .

Preglednica 15: Sestava zunanje stene

Material	Debelina [m]	$\rho$ [ $\text{kg/m}^3$ ]	C [ $\text{J/kgK}$ ]	$\lambda$ [ $\text{W/mK}$ ]	$\mu$ [/]
Apnena malta	0,03	1600	1050	0,810	10,0
Mrežasti opečni votlak	0,40	1400	920	0,610	6,0
Polietilenske folije	0,002	1000	1250	0,190	80000
Ekspandiran polistiren	0,12	15	960	0,039	25,0
Plemenita fasadna malta	0,03	1850	1050	0,700	15,0
$U = 0,250 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$			Konstrukcijski sklop ustreza predpisom!		

- Ukrep 5: Dodatna toplotna izolacija zunanje stene - varianta 1

Zunanji steni dodam 25 cm toplotne izolacije iz ekspaniranega polistirena s toplotno prevodnostjo 0,039 W/mK.

Preglednica 16: Sestava zunanje stene (varianta 1)

Material	Debelina [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	C [J/kgK]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [l]
Apnena malta	0,03	1600	1050	0,810	10,0
Mrežasti opečni votlak	0,40	1400	920	0,610	6,0
Polietilenske folije	0,002	1000	1250	0,190	80000,0
Ekspaniran polistiren	0,25	15	960	0,039	25,0
Plemenita fasadna malta	0,03	1850	1050	0,700	15,0
$U = 0,136 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$			Konstrukcijski sklop ustreza predpisom!		

- Ukrep 6: Dodatna toplotna izolacija zunanje stene - varianta 2

Zunanji steni dodam 30 cm toplotne izolacije neopor ekspaniranega polistirena z dodatkom grafita s toplotno prevodnostjo 0,032 W/mK.

Preglednica 17: Sestava zunanje stene (varianta 2)

Material	Debelina [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	C [J/kgK]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [l]
Apnena malta	0,03	1600	1050	0,810	10,0
Mrežasti opečni votlak	0,40	1400	920	0,610	6,0
Polietilenske folije	0,002	1000	1250	0,190	80000,0
Ekspaniran polistiren (dodatek grafita)	0,30	15	1260	0,032	25,0
Plemenita fasadna malta	0,03	1850	1050	0,700	15,0
$U = 0,097 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$			Konstrukcijski sklop ustreza predpisom!		

- Ukrep 7: Dodatna toplotna izolacija na tal nad neogrevano kletjo

Neizoliranim tlem nad neogrevano kletjo dodam 12 cm toplotne izolacije iz kamene volne s toplotno prevodnostjo 0,037 W/mK.

Preglednica 18: Sestava stropa nad neogrevano kletjo

Material	Debelina [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	C [J/kgK]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [l]
Hrastov parket	0,03	700	1670	0,210	15,0
Cementni estrih	0,05	2200	1050	1,400	30,0

se nadaljuje...

nadaljevanje Preglednice 18

Polietilenske folije	0,002	1000	1250	0,190	80000,0
Kamena volna	0,12	160	840	0,037	1,0
Betoni iz kamnitega agregata	0,20	2400	960	2,040	60,0
Podaljšana apnena malta	0,025	1700	1050	0,850	15,0
$U = 0,271 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$			Konstrukcijski sklop ustreza predpisom!		

- Ukrep 8: Dodatna toplotna izolacija stropa proti neogrevanemu podstrešju

Neizoliran strop proti neogrevanemu podstrešju izoliram z 25 cm toplotne izolacije iz ekspandiranega polistirena s toplotno prevodnostjo 0,039 W/mK.

Preglednica 19: Sestava stropa proti neogrevanemu podstrešju

Material	Debelina [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	C [J/kgK]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [/]
Cementni estrih	0,05	2200	1050	1,400	30,0
Polietilenske folije	0,002	1000	1250	0,190	80000,0
Ekspandiran polistiren	0,25	15	960	0,039	25,0
Betoni iz kamnitega agregata	0,20	2400	960	2,040	60,0
Podaljšana apnena malta	0,025	1700	1050	0,850	15,0
$U = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\max} = 0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$			Konstrukcijski sklop ustreza predpisom!		

- Ukrep 9: Dodatna toplotna izolacija stene med bivalnim delom in stopniščem

Izolacija stene med ogrevano cono in neogrevanim stopniščem z 12 cm ekspandiranega polistirena s toplotno prevodnostjo 0,039 W/mK.

Preglednica 20: Sestava stene med bivalnim delom in stopniščem

Material	Debelina [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	C [J/kgK]	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [/]
Apnena malta	0,03	1600	1050	0,810	10,0
Mrežasti opečni votlak	0,25	1400	920	0,610	6,0
Polietilenske folije	0,002	1000	1250	0,190	80000,0
Ekspandiran polistiren	0,12	15	960	0,039	25,0
Apnena malta	0,03	1600	1050	0,810	10,0
$U = 0,267 \text{ W/m}^2\text{K} < U_{\max} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$			Konstrukcijski sklop ustreza predpisom!		

### 3.3.5 Rezultati

Program TOST nam poda rezultate za:

- koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe  $H_T'$ ,
- letna potrebna toplota za ogrevanje  $Q_{NH}$ ,
- letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine  $Q_{NH}/A_u$ ,
- letni potrebni hlad za hlajenje  $Q_{NC}$ ,
- letna raba primarne energije  $Q_P$ ,
- letna raba primarne energije na enoto uporabne površine stavbe  $Q_P/A_u$ ,
- letni izpust  $CO_2$ .

Maksimalno dovoljene vrednosti po PURES 2010:

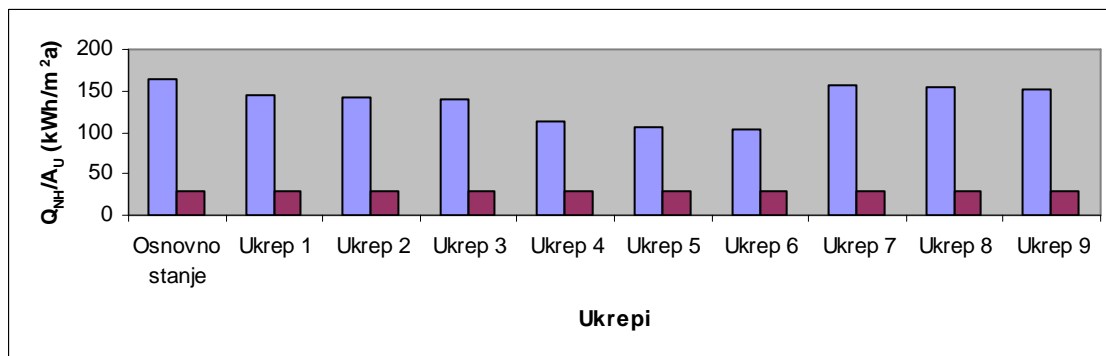
- koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe  $H_T' = 0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,
- letna raba primarne energije  $Q_P = 313748 \text{ kWh}$ ,
- letna potrebna toplota za ogrevanje  $Q_{NH} = 34050 \text{ kWh}$ ,
- letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine  $Q_{NH}/A_u = 27,79 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ,
- letni potrebni hlad za hlajenje  $Q_{NC} = 85768 \text{ kWh}$ .

Preglednica 21: Prikaz rezultatov programa TOST, osnovno stanje in osnovni ukrepi

	$H_T'$	$Q_{NH}$	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NC}$	$Q_P$	$Q_P/A_u$	Letni izpusti $CO_2$
	$\text{W/m}^2\text{K}$	kWh	$\text{kWh/m}^2\text{a}$	kWh	kWh	$\text{kWh/m}^2\text{a}$	kg
Osnovno stanje	0,87	201019	164,06	0	246950	201,55	82639
Ukrep 1	0,71	176962	144,43	0	218082	177,99	73113
Ukrep 2	0,69	173155	141,32	0	213513	174,26	71605
Ukrep 3	0,67	170728	139,34	0	210601	171,88	70644
Ukrep 4	0,52	139247	113,65	2	172827	141,05	58178
Ukrep 5	0,47	131068	106,97	1236	164246	134,05	55347
Ukrep 6	0,45	128284	104,70	1409	161078	131,47	54301
Ukrep 7	0,86	192910	157,45	0	237220	193,61	79428
Ukrep 8	0,86	189705	154,83	0	233374	190,47	78157
Ukrep 9	0,85	184765	150,80	0	227446	185,63	76203

V nadaljevanju se bom omejil na letno potrebno toploto za ogrevanje in na količino transmisijских toplotnih izgub stavbe, ki predstavljata glavne energijske kazalnike.

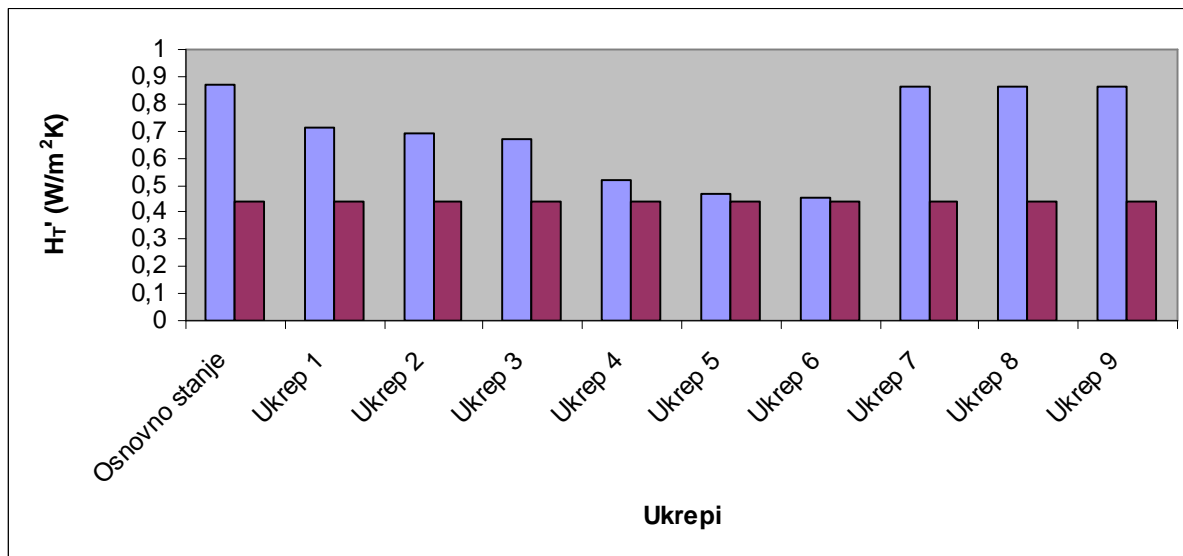
Grafikon 5 prikazuje izračunane vrednosti osnovnega stanja in osnovnih ukrepov za letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto neto uporabne površine izvedenih ukrepov  $Q_{NH}/A_u$  (modri stolpci) in njeno maksimalno dovoljeno vrednost po PURES 2010 –  $(Q_{NH}/A_u)_{max} = 27,79 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  (rdeči stolpci).



Grafikon 5: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine  $Q_{NH}/A_u$ , osnovni ukrepi

Iz preglednice 21 vidimo, da je letna poraba toplote za ogrevanje obstoječe stavbe skoraj 6 krat višja od maksimalno dovoljene:  $Q_{NH}/A_u = 164,06 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ , medtem ko je maksimalno dovoljena  $(Q_{NH}/A_u)_{max} = 27,79 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Iz ukrepov, katere sem preveril, vidimo, da je najbolj učinkovit ukrep dodatna toplotna izolacija zunanje stene. Dodatna toplotna izolacija zunanje stene z 12 oz. 25 cm ekspandiranega polistirena ( $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$ ) zmanjšata porabo za 31 % na  $Q_{NH}/A_u = 113,65 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  oz. 35 % na  $Q_{NH}/A_u = 106,97 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Dodatna toplotna izolacija stavbnega ovoja s 30 cm ekspandiranega polistirena z dodatkom grafita ( $\lambda = 0,032 \text{ W/mK}$ ) pa kar za 36 % na  $Q_{NH}/A_u = 106,97 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Drugi najučinkovitejši ukrep je zamenjava stavbnega pohištva. Stavbno pohištvo s toplotno prehodnostjo  $U = 0,89 \text{ W/m}^2\text{K}$  zmanjša porabo za 15 %, stavbno pohištvo s toplotno prehodnostjo  $U = 1,09 \text{ W/m}^2\text{K}$  za 14 % in stavbno pohištvo s toplotno prehodnostjo  $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  za 12 %. Toplotno izolirana stena med ogrevano in neogrevano cono zmanjša porabo za 9 %, izolacija stropa proti neogrevanemu podstrešju 8 %, izolirana tla nad neogrevano kletjo zmanjšajo porabo za 4 %,.

Grafikon 6 prikazuje izračunane vrednosti osnovnega stanja in osnovnih ukrepov za koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe  $H_T'$  (modri stolpci) in njeno maksimalno dovoljeno vrednost po PURES 2010 -  $H_T'_{max} = 0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$  (rdeči stolpci).



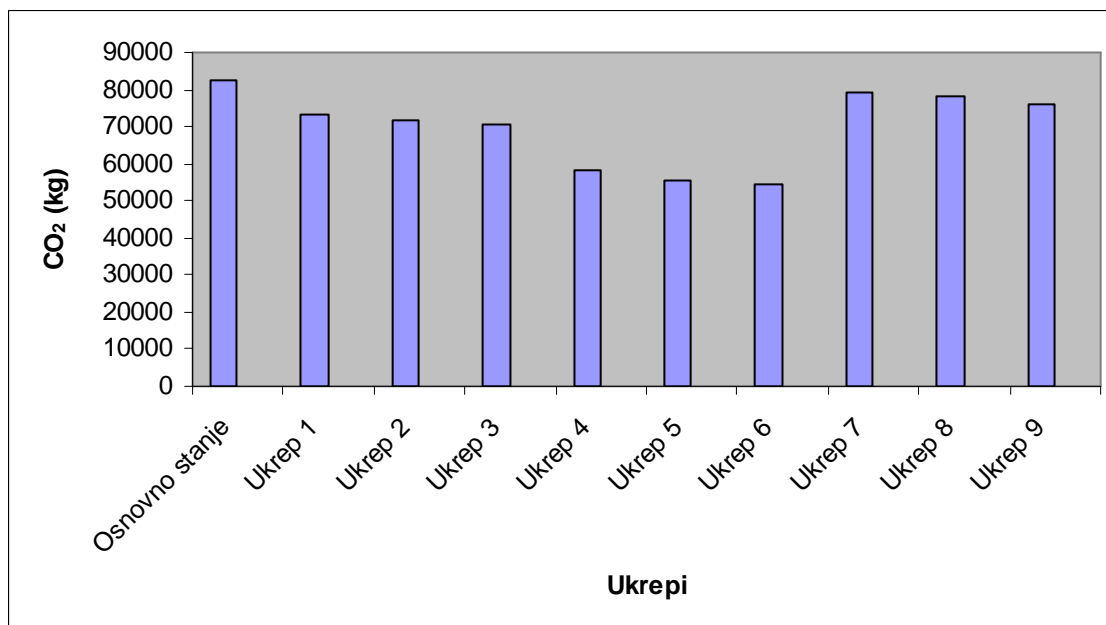
Grafikon 6: Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe  $H_T'$ , osnovni ukrepi

Koeficient specifičnih transmisijских izgub obstoječe stavbe je za skoraj 2 krat večji od dovoljenega in znaša  $0,87 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Iz grafa vidimo, da se z ukrepi, ki vsebujejo toplotno izolirane zunanje stene stavbe skoraj razpolovimo  $H_T'$  obstoječe stavbe in se približamo maksimalno dovoljeni vrednosti. Zamenjava stavbnega pohištva vrednosti zmanjša za okoli 20 %. Ostali ukrepi zanemarljivo vplivajo na vrednost  $H_T'$ , kar je tudi logično, ker ta koeficient predstavlja transmisijские toplotne izgube ovoja ogrevane cone v zunanje okolje, s temi ukrepi pa ne bistveno izboljšamo lastnosti ovoja zgradbe.

Rezultati nam tudi pokažejo, da v primeru izolacije zunanje stene (Ukrep 4, Ukrep 5, Ukrep 6) potrebujemo potrebo po hladu za hlajenje  $Q_{NC}$ .

Grafikon 7 nam prikazuje izračunane vrednosti osnovnega stanja in osnovnih ukrepov za letni izpust  $\text{CO}_2$ .





Grafikon 7: Letni izpusti CO<sub>2</sub>, osnovni ukrepi

Izračunani letni izpusti CO<sub>2</sub> stavbe v trenutnem stanju znašajo 82639 kg, iz grafikona 7 lahko vidimo, da k zmanjšanju izpustov največ prispevajo ukrepi s toplotno izolacijo zunanje stene (Ukrep 4, Ukrep 5, Ukrep 6).

V nadaljevanju sem izračunal kombinacije različnih najučinkovitejših osnovnih ukrepov in s tem poskušal zadovoljiti zahteve pravilnika. Kombinacije ukrepov zelo zmanjšajo zrakotesnost stavb, zato sem pri vseh kombinacijah predvidel spremembo izmenjava zraka  $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$ .

- Kombinacija 1

Ukrep 4 (toplotna izolacija zunanje stene z  $U = 0,250 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 8 (toplotna izolacija stropa proti neogrevanemu podstrešju z  $U = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

- Kombinacija 2

Ukrep 5 (toplotna izolacija zunanje stene z  $U = 0,136 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 8 (toplotna izolacija stropa proti neogrevanemu podstrešju z  $U = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

- Kombinacija 3

Ukrep 6 (toplotna izolacija zunanje stene z  $U = 0,097 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 8 (toplotna izolacija stropa proti neogrevanemu podstrešju z  $U = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

- Kombinacija 4

Ukrep 3 (toplotna izolacija zunanje stene z  $U = 0,250 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 8 (toplotna izolacija stropa proti neogrevanemu podstrešju z  $U = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 1 (stavbno pohištvo z  $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

- Kombinacija 5

Ukrep 4 (toplotna izolacija zunanje stene z  $U = 0,136 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 7 (toplotna izolacija stropa proti neogrevanemu podstrešju z  $U = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 1 (stavbno pohištvo z  $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

- Kombinacija 6

Ukrep 5 (toplotna izolacija zunanje stene z  $U = 0,097 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 8 (toplotna izolacija stropa proti neogrevanemu podstrešju z  $U = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 1 (stavbno pohištvo z  $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

- Kombinacija 7

Ukrep 3 (toplotna izolacija zunanje stene z  $U = 0,250 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 8 (toplotna izolacija stropa proti neogrevanemu podstrešju z  $U = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 2 (stavbno pohištvo z  $U = 1,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

- Kombinacija 8

Ukrep 4 (toplotna izolacija zunanje stene z  $U = 0,136 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 8 (toplotna izolacija stropa proti neogrevanemu podstrešju z  $U = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 2 (stavbno pohištvo z  $U = 1,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

- Kombinacija 9

Ukrep 5 (toplotna izolacija zunanje stene z  $U = 0,097 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 8 (toplotna izolacija stropa proti neogrevanemu podstrešju z  $U = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 2 (stavbno pohištvo z  $U = 1,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

- Kombinacija 10

Ukrep 3 (toplotna izolacija zunanje stene z  $U = 0,250 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 8 (toplotna izolacija stropa proti neogrevanemu podstrešju z  $U = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 3 (stavbno pohištvo z  $U = 0,89 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

- Kombinacija 11

Ukrep 4 (toplotna izolacija zunanje stene z  $U = 0,136 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 8 (toplotna izolacija stropa proti neogrevanemu podstrešju z  $U = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 3 (stavbno pohištvo z  $U = 0,89 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

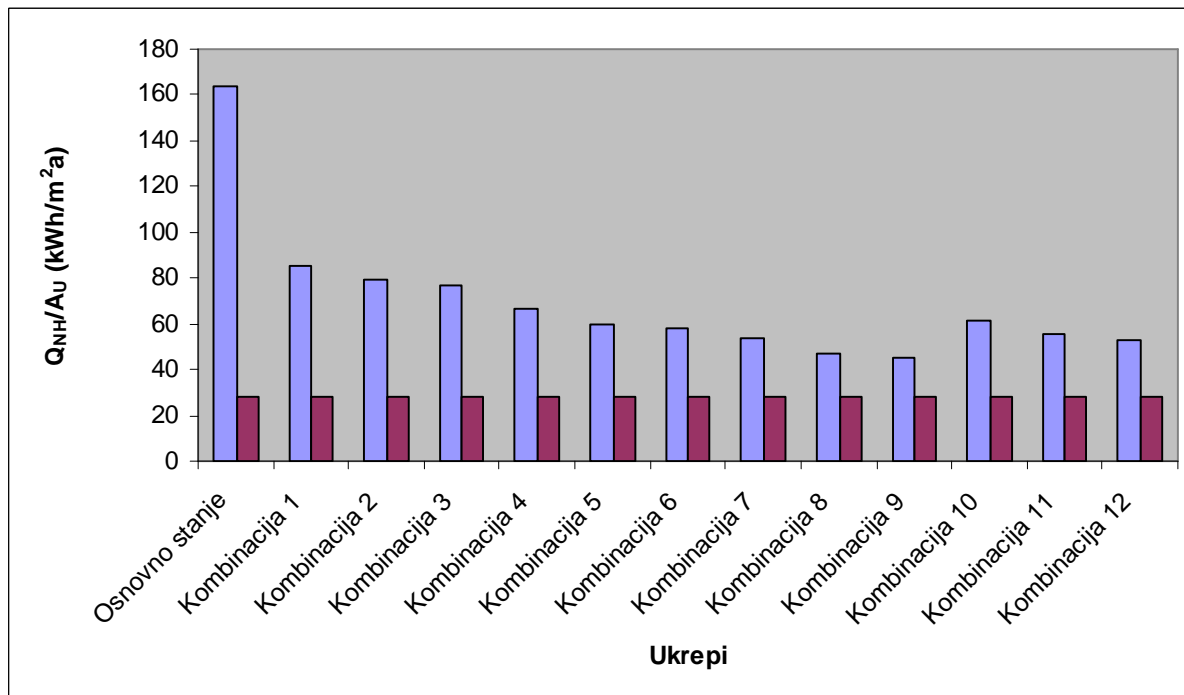
- Kombinacija 12

Ukrep 5 (toplotna izolacija zunanje stene z  $U = 0,097 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 8 (toplotna izolacija stropa proti neogrevanemu podstrešju z  $U = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Ukrep 3 (stavbno pohištvo z  $U = 0,89 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Preglednica 22: Prikaz rezultatov programa TOST, osnovno stanje in kombinacija osnovnih ukrepov

	$H_T'$	$Q_{NH}$	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NC}$	$Q_P$	$Q_P/A_u$	Letni izpusti $CO_2$
	$W/m^2K$	kWh	kWh/ $m^2a$	kWh	kWh	kWh/ $m^2a$	kg
Osnovno stanje	0,87	201019	164,06	0	246950	201,55	82639
Kombinacija 1	0,49	105044	85,73	2595	134376	109,67	45490
Kombinacija 2	0,45	96257	79,15	3123	125218	102,2	42467
Kombinacija 3	0,43	94257	76,93	3302	122138	99,68	41451
Kombinacija 4	0,33	81408	66,44	2612	106029	86,54	36135
Kombinacija 5	0,28	73541	60,02	3239	97216	79,34	33227
Kombinacija 6	0,27	70884	57,85	3463	94251	76,92	32248
Kombinacija 7	0,29	65633	53,57	3453	87940	71,77	30166
Kombinacija 8	0,24	57860	47,22	4877	80037	65,32	27558
Kombinacija 9	0,23	55285	45,12	5227	77296	63,09	26653
Kombinacija 10	0,29	75267	61,43	2717	98765	80,61	27738
Kombinacija 11	0,24	67512	55,10	3288	90030	73,48	30855
Kombinacija 12	0,23	64872	52,95	3541	87115	71,18	29894

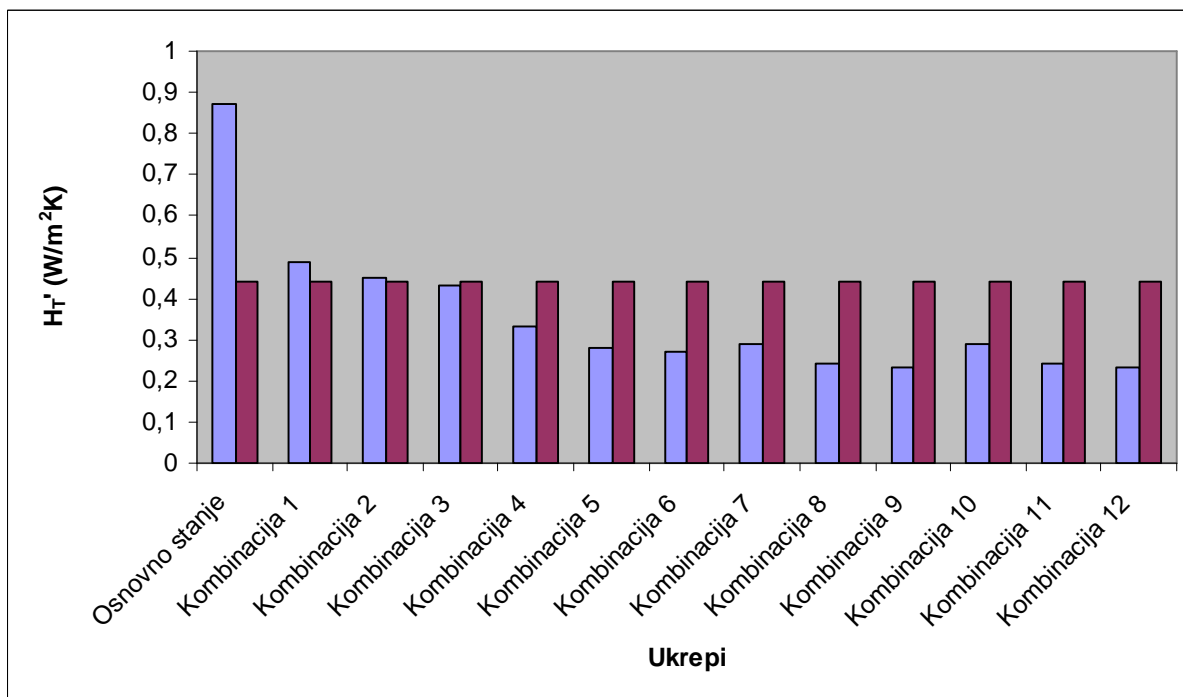
Grafikon 8 prikazuje izračunane vrednosti kombinacij osnovnih ukrepov za letno potrebno toploto za ogrevanje na enoto neto uporabne površine izvedenih ukrepov  $Q_{NH}/A_u$  (modri stolpci) in njeno maksimalno dovoljeno vrednost po PURES 2010 –  $(Q_{NH}/A_u)_{max} = 27,79 \text{ kWh}/m^2a$  (rdeči stolpci).



Grafikon 8: Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine  $Q_{NH}/A_u$ , kombinacija osnovnih ukrepov

Iz podatkov vidimo, da s kombinacijo osnovnih ukrepov dosežemo velike prihranke potrebne toplote za ogrevanje. Vidimo pa, da nobena od kombinacij ne ustreza zahtevi maksimalno dovoljene ( $Q_{NH}/A_u)_{max} = 27,79 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Največ prihrankov dosežemo s »Kombinacija 9«, kjer zmanjšamo  $Q_{NH}/A_u$  na  $45,12 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ , kar je 72 % manj od trenutnega stanja. Za »Kombinacija 7«, ki se najbolj približa zahtevam omejitev po PURES 2010, je izračunana poraba  $53,57 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ , kar je 67 % manj od trenutnega stanja.

Grafikon 9 prikazuje izračunane vrednosti kombinacij osnovnih ukrepov za koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe  $H_T'$  (modri stolpci) in njeno maksimalno dovoljeno vrednost po PURES 2010 -  $H_{T'_{max}} = 0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$  (rdeči stolpci).



Grafikon 9: Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe  $H_T'$ , kombinacija osnovnih ukrepov

Iz podatkov lahko razberemo, da kombinacije, ki vsebujejo tudi zamenjavo stavbnega pohištva zadoščajo zahtevam iz PURES 2010 –  $H_T'$  je manjši od  $H_{T\text{maks}}' = 0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe najbolj zmanjšamo s »Kombinacija 9« in sicer je  $H_T' = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ , kar je 74 % manj od izhodiščnega stanja in 48 % manj od  $H_{T\text{maks}}'$ . S »Kombinacija 7«, katera se najbolj približa zahtevam omejitev po PURES 2010, dosežemo vrednost  $H_T' = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$ , kar je 67 % manj od izhodiščnega stanja in 34 % manj od  $H_{T\text{maks}}'$ .

Letna potreba hladu za hlajenje  $Q_{\text{NC}}$  se pri vseh kombinacijah poveča, največ pri »Kombinacija 9« na 5227 kWh, kar pa je še vedno precej pod maksimalno dovoljeno vrednostjo, ki jo določa PURES 2010  $Q_{\text{NC,max}} = 85768 \text{ kWh}$ .

## 5 ZAKLJUČEK

Namen diplomske naloge je bil predstaviti direktivo 2010/31/EU, njen prenos v slovensko zakonodajo, pregled OVE ter potencial za prihranke pri prenovi stavb.

Pri predstavitvi obnovljivih virov energije sem predstavil tudi njihove možnosti uporabe. Vidimo lahko, da je možnosti za uporabo te vrste energije veliko, največji problem pa še vedno predstavljajo visoki stroški investicije v naprave za njeno izkoriščanje. Analiza večstanovanjske stavbe je pokazala, da sta potrebna toplota za ogrevanje in koeficient transmisijских izgub visoko nad dovoljenimi vrednostmi PURES-a 2010. Z izboljšavo energetskih lastnosti ogrevane cone in sicer zunanje stene, stene proti neogrevani coni, tal nad neogrevano kletjo, stropa proti neogrevanemu podstrešju in stavbnega pohišta sem dokazal, da je možno porabo energije za ogrevanje in tudi transmisijske toplotne izgube zelo zmanjšati. Kot najučinkovitejši posamezni ukrep se je izkazala zmanjšana toplotna prehodnost zunanje stene stavbnega ovoja. Pri kombinaciji ukrepov, ki so se najbolj približale zahtevam omejitve PURES 2010, sem zmanjšal letno potrebno toploto za ogrevanje za kar 72 %, koeficient transmisijских toplotnih izgub stavbe pa za 74 %. Minimalne zahteve glede energetske učinkovitosti nisem uspel izpolniti, ker so zahteve za to stavbo prestroge in bi bili nadaljnji ukrepi tehnično, funkcionalno in ekonomsko neupravičeni. To pa ne bi bilo v skladu z zahtevami direktive glede prenove obstoječih stavb!

Glavni cilj direktive 2010/31/EU, to je skoraj nič-energijska stavba, lahko dosežemo z izboljšanjem učinkovitosti stavb in generiranjem potrebne energije za delovanje stavbe iz obnovljivih virov energije. Z izboljšanjem toplotnoizolativnih lastnosti zunanjega ovoja stavbe in stavbnega pohišta, lahko zmanjšamo koeficiente specifičnih transmisijских toplotnih izgub in s tem znižamo potrebo po energiji za ogrevanje stavbe. Potrebno energijo za ogrevanje stavbe lahko zmanjšamo do take mere, da lahko le-to pridobimo z uporabo OVE in s tem izpolnimo zahteve EPBD-r po skoraj skoraj nič-energijski stavbi. Najprimernejši so sistemi ogrevanja z lesno biomaso (peči na polena, peči na brikete, peči na lesne sekance) ali z geotermalno energijo (toplotna črpalka zemlja/zrak, toplotna črpalka voda/zrak, sistem z zemeljskim kolektorjem - geo sondo). Z izboljšanjem toplotnoizolativnih lastnosti ovoja in stavbnega pohišta tudi zelo povečamo zrakotesnost objekta, zato moramo predvideti tudi sistem prezračevanja in hlajenja. Prezračevanje je še naprej lahko naravno, torej z odpiranjem oken, toda pri takšnem načinu imamo veliko izgubo toplote. Lahko pa uporabimo sisteme za vračanje toplote odvedenega zraka, kjer lahko ponovno uporabimo sisteme z OVE. Sisteme z OVE lahko uporabimo tudi pri pripravi tople vode (naprimer s sončnimi kolektorji) in generiranju električne energije (naprimer s fotovoltaičnimi sistemi). Pri načrtovanju skoraj nič-energijske stavbe bo zelo pomembno medsebojno sodelovanje inženirskih strok, kjer bi strokovnjak iz gradbene fizike preveril

gradbeno fizikalne lastnosti stavbe, priporočil ustrezne rešitve in detajle, strojni inženir pa bi poskrbel za izboljšanje obstoječih energetskih sistemov.

## VIRI

- [1] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 19.maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev). Uradni list EU, 18.6.2010
- [2] Korošec, B. Več o energetske učinkovitosti. 2011.  
<http://www.center-bellevue.si/prednosti/energetska-ucinkovitost/vec-o-energetski-ucinkovitosti>  
(Pridobljeno 1. 12. 2012.)
- [3] Direktiva 2002/91/ES Evropskega parlamenta in sveta z dne 16.december 2002 o energetske učinkovitosti stavb. Uradni list EU, 4.1.2003
- [4] Direktiva 2009/28/ES Evropskega parlamenta in sveta z dne 23.aprila 2009 o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov, spremembi in poznejši razveljavitvi direktiv 2001/77/ES in 2003/30/ES. Uradni list EU, 5.6.2009
- [5] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010). Uradni list RS št. 52/2010.
- [6] Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor, 2010.
- [7] Pravilnik o spremembi pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Uradni list RS, št. 105/2002.
- [8] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb. Uradni list RS, št. 77/2009
- [9] Pravilnik o metodologiji izdelave in vsebini študije izvedljivosti alternativnih sistemov za oskrbo stavb z energijo, Uradni list RS, št. 35/2008
- [10] Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o varstvu okolja /ZVO-1E/. Uradni list RS, št. 57/2012
- [11] Obnovljivi viri energije priročnik. 2005.  
<http://www.focus.si/files/OVEprirocnikI.pdf> (Pridobljeno 24. 4. 2012.)



[12] Obnovljivi viri energije. 2012.

<http://www.obnovljivivirienergije.net> (Pridobljeno 24. 4. 2012.)

[13] SURS. Statistični urad Republike Slovenije. 2012.

<http://www.stat.si/> (Pridobljeno 5. 5. 2012.)

[14] Geotermalna energija. 2012.

[http://sl.wikipedia.org/wiki/Geotermalna\\_energija](http://sl.wikipedia.org/wiki/Geotermalna_energija) (Pridobljeno 26. 4. 2012.)

[15] Geotermalna energija. 2012.

<http://obnovljivivirienergije.net/geotermalna-energija/> (Pridobljeno 26. 4. 2012.)

[16] Geotermalna energija. 2012.

<http://www.geotech.si/geotermalna-energija> (Pridobljeno 26. 4. 2012.)

[17] Geotermalna energija. 2012.

<http://www.focus.si/ove/index.php?l1=vrste&l2=geotermalna> (Pridobljeno 26. 4. 2012.)

[18] Energija vetra. 2012.

<http://obnovljivivirienergije.net/vetrna-energija/> (Pridobljeno 28. 4. 2012.)

[19] Energija vetra. 2012.

<http://www.focus.si/ove/index.php?l1=vrste&l2=veter> (Pridobljeno 28. 4. 2012.)

[20] Sončna energija. 2012.

<http://obnovljivivirienergije.net/soncna-energija/> (Pridobljeno 2. 5. 2012.)

[21] Sončna energija. 2012.

<http://www.focus.si/ove/index.php?l1=vrste&l2=soncna> (Pridobljeno 2. 5. 2012.)

[22] Termično solarna energija. 2009.

[http://www.instalater.si/clanek/165/Termicna\\_solarna\\_energija](http://www.instalater.si/clanek/165/Termicna_solarna_energija) (Pridobljeno 1. 10. 2012.)

[23] Solarno hlajenje. 2012.

[http://www.eecm.eu/slo/?page\\_id=118](http://www.eecm.eu/slo/?page_id=118) (Pridobljeno 5. 5. 2012.)

[24] Hlajenje stavb s sončno energije. Primeri dobre prakse. 2008.

[http://www.ee.fs.uni-lj.si/solair/Primeri\\_dobre\\_prakse.pdf](http://www.ee.fs.uni-lj.si/solair/Primeri_dobre_prakse.pdf) (Pridobljeno 3. 5. 2012.)

[25] Biomasa. 2001.

[http://www.aure.gov.si/eknjiznica/IL\\_5-01.PDF](http://www.aure.gov.si/eknjiznica/IL_5-01.PDF) (Pridobljeno 10. 5. 2012.)

[26] Biomasa. 2012.

<http://obnovljivivirienergije.net/biomasa/> (Pridobljeno 10. 5. 2012.)

[27] Biomasa. 2012.

<http://www.focus.si/ove/index.php?l1=vrste&l2=biomasa> (Pridobljeno 10. 5. 2012.)

[28] Vodna energija. 2012.

<http://www.focus.si/ove/index.php?l1=vrste&l2=vodna> (Pridobljeno 14. 5. 2012.)

[29] Vodna energija. 2012.

<http://obnovljivivirienergije.net/vodna-energija/> (Pridobljeno 14. 5. 2012.)

[30] Vodna energija. 2012.

[http://sl.wikipedia.org/wiki/Vodna\\_energija](http://sl.wikipedia.org/wiki/Vodna_energija) (Pridobljeno 14. 5. 2012.)

[31] Krainer A., Predan R., Računalniški program (TEDI) za analizo toplotnega prehoda, toplotne stabilnosti in difuzije vodne pare skozi večplastne KS. Ljubljana, UL FGG

[32] Krainer A., Predan R., Računalniški program (TOST) za izračun podatkov, potrebnih za končno poročilo oziroma dokaz o ustreznosti toplotne zaščite stavbe. Ljubljana, UL FGG